

基于 AHP-熵权法结合色差原理评价不同辅料大米对米炒党参饮片的影响

张桂梅, 岳珠珠, 王慧楠, 王佩华, 杨子烨, 陈梦雨, 姜明瑞, 王志成, 张婧秋, 王英姿*

北京中医药大学中药学院, 北京 102488

摘要: 目的 研究不同地区、不同种类的 15 批大米理化性质、米炒党参粉末颜色值与米炒党参主要有效成分含量的相关性, 探究不同大米对米炒党参饮片质量的影响。方法 测定大米理化性质, 利用色度仪对不同米炒制的党参粉末颜色值进行测量, 采用紫外可见分光光度计对党参多糖进行定量, HPLC 法测定党参炔苷、5-羟甲基糠醛含量, 并测定醇浸出物含量, 采用 AHP-熵权法结合多元相关分析评价不同大米炒制的党参饮片质量。结果 在相同的炮制条件下, 不同大米炒制的党参饮片质量均符合《中国药典》2020 年版要求, 但饮片内在质量存在一定差异。相关性分析结果显示米炒党参样品中党参多糖含量与颜色值 L^* 、 a^* 、 E^*_{ab} 及大米的过氧化氢酶活动度、直链淀粉含量呈正相关, 党参炔苷含量与大米过氧化氢酶活动度成正相关, 醇浸出物含量与颜色值 L^* 、 a^* 、 b^* 、 E^*_{ab} 及大米水分含量、直链淀粉含量均呈正相关。结论 不同地区、不同种类的大米对米炒党参饮片内在质量产生不同影响, 米炒党参饮片主要有效成分含量与颜色值、大米理化性质有一定的相关性。**关键词:** 党参; 辅料; 大米; 米炒党参; 颜色; 相关性; AHP-熵权法; 多糖; 党参炔苷; 5-羟甲基糠醛; 过氧化氢酶; 直链淀粉

中图分类号: R283.6

文献标志码: A

文章编号: 0253-2670(2021)24-7447-08

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2021.24.006

Evaluation of effects of different adjuvant rice on rice fried *Codonopsis Radix* decoction pieces based on AHP entropy weight method and color difference principle

ZHANG Gui-mei, YUE Zhu-zhu, WANG Hui-nan, WANG Pei-hua, YANG Zi-ye, CHEN Meng-yu, JIANG Ming-rui, WANG Zhi-cheng, ZHANG Jing-qiu, WANG Ying-zi

College of Chinese Materia Medica, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 102488, China

Abstract: Objective To study the correlation between physicochemical properties in 15 batches of rice from different regions and types, the apparent color and the active components of the rice fried Dangshen (*Codonopsis Radix*) powder, and explore the influence of different kinds of rice on the quality of the rice fried *Codonopsis Radix* powder. **Methods** The physicochemical properties of rice samples were measured, color difference of the different rice fried *Codonopsis Radix* powder was detected by colorimeter, UV-visible spectrophotometry was used to quantify the polysaccharides, the content of lobetyolin and 5-hydroxymethylfurfural was determined by HPLC, and the contents of ethanol extractives were determined. The quality of the different rice fried *Codonopsis Radix* slices was evaluated by AHP-entropy weight method and multivariate correlation analysis. **Results** Under the same processing conditions, the quality of different rice fried *Codonopsis Radix* slices was in line with the requirements of Chinese Pharmacopoeia (2020 edition), but the intrinsic quality of the decoction slices was different. Correlation analysis results showed that the content of polysaccharides in the rice fried *Codonopsis Radix* powder was showed a positive correlation with color values L^* , a^* , E^*_{ab} , catalase activity and amylose content of rice. There was a positive correlation between lobetyolin content and catalase activity of rice, the contents of ethanol extractives showed a positive correlation with color values L^* , a^* , b^* , E^*_{ab} , moisture content and amylose content of rice. **Conclusion** Different regions and different types of rice have different effects on the internal quality of the rice fried *Codonopsis Radix* powder, and the content of main active components in rice fried *Codonopsis Radix* powder has certain

收稿日期: 2021-07-10

基金项目: 国家重点研发计划 (2018YFC1707000)

作者简介: 张桂梅 (1995—), 女, 硕士研究生, 从事中药制剂新技术与中药炮制原理研究。E-mail: 1632310256@qq.com

*通信作者: 王英姿 (1975—), 女, 教授, 博士研究生导师, 从事中药制剂新技术与中药炮制原理研究。

Tel: (010)84738615 E-mail: wangyzi@sina.com

correlation with color value of rice fried *Codonopsis Radix* powder and physicochemical properties of rice.

Key words: *Codonopsis Radix*; adjuvants; rice; rice fried *Codonopsis Radix*; color; correlation; AHP-entropy weight method; polysaccharides; lobetyolin; 5-hydroxymethylfurfural; catalase; amylose

党参始载于《本草从新》，为桔梗科植物党参 *Codonopsis pilosula* (Franch.) Nannf.、素花党参 *C. pilosula* Nannf. var. *modesta* (Nannf.) L. T. Shen 或川党参 *C. tangshen* Oliv. 的干燥根，具有健脾益肺、养血生津的功效，是我国常用传统补益药^[1]。《中国药典》2020 年版收载的炮制品为米炒党参，其炮制辅料主要采用粳米或籼米，但由于炮制辅料大米来源广泛，无统一标准，使得不同米炒党参饮片存在一定程度的颜色不均和质量不一的现象。颜色是判断中药炮制程度的最直观的外在特征，中药颜色与其内在成分含量关系密切，与中药饮片质量和疗效存在一定相关性^[2-4]。在米炒党参饮片炮制过程中，饮片的颜色发生了明显变化，《中国药典》2020 年版对党参饮片颜色的规定为“表面灰黄色、黄棕色至灰棕色”，米炒党参饮片为“表面深黄色，偶有焦斑”。

已有的研究表明米炒后党参的有效成分含量发生了相应改变^[5-6]，但不同大米对党参质量的影响以及不同大米炒制的米炒党参有效成分含量与颜色值、不同大米理化性质的相关性研究尚未见报道。因此，本实验通过测定 15 批不同地区、不同种类的大米的理化性质，运用色度仪对米炒党参饮片的颜色值进行客观的数字化评价，采用 AHP-熵权法对米炒党参饮片化学指标成分进行综合评价，并对米炒党参饮片党参炔苷、多糖、5-羟甲基糠醛(5-hydroxymethylfurfural, 5-HMF)和醇浸出物含量与颜色值、大米理化性质进行相关性分析，拟为米炒党参饮片的质量评价及大米质量标准的制定提供参考。

1 仪器与材料

1.1 仪器

BS110S 型电子天平，赛多利斯科学仪器有限公司；UltiMate 3000 型高效液相色谱仪，赛默飞世尔科技公司；756PC 型紫外可见分光光度计，上海舜宇恒平科学仪器有限公司；MS-5 型炒货机，迈斯机械厂；U-3010 型色度仪，日本株式会社日立高新技术。

1.2 试药

对照品党参炔苷(批号 P22A10F95635)、无水葡萄糖(批号 Y19F11J108781)、5-HMF(批号

H12M9Z61023)均购自上海源叶生物科技有限公司，质量分数均≥98%。乙腈、甲醇均为，色谱级，美国 Fisher 公司；其余试剂均为分析纯。

党参饮片购于华邈中药饮片厂，批号 XF7021，经北京中医药大学刘春生教授鉴定，植物基原为桔梗科党参属植物党参 *Codonopsis pilosula* (Franch.) Nannf. 的干燥根的炮制品。大米由药企提供或课题组采购所得，收集粳米 7 批、籼米 8 批，共计 15 批，样品来源信息见表 1，其中泰国茉莉香米原产于泰国，是世界上最大宗的出口大米品种之一，在我国应用较多，且泰国大米标准较为规范和详尽，因此，选择其作为一种大米来源^[7-8]。

表 1 15 批大米来源信息

Table 1 Fifteen batches of rice source information

编号	名称	批号	产地	种类
D1	汇谷稼赛泰香	6971683681319	江西省九江市	籼米
D2	铁岭大米	1012112210112	辽宁省铁岭市	粳米
D3	增城丝苗米	6923230901159	广东省广州市	籼米
D4	优昕珍珠米	6958812900183	江苏省常州市	粳米
D5	天津小站稻	6909474000018	天津市	粳米
D6	宜宾桂朝米	6920190719097	四川省宜宾市	籼米
D7	红泰香米	692733692216	湖北省荆门市	籼米
D8	五常大米	6956845001105	黑龙江省五常市	粳米
D9	原阳大米	6957864700031	河南省新乡市	粳米
D10	上林大米	20201010	广西省南宁市	籼米
D11	南陵大米	6949623356788	安徽省芜湖市	籼米
D12	常德香米	6938601099410	湖南省常德市	籼米
D13	盘锦大米	20210227	辽宁省盘锦市	粳米
D14	梅河大米	6924567300035	吉林省梅河口市	粳米
D15	泰国茉莉香米	6970504880818	泰国	籼米

2 方法与结果

2.1 辅料大米理化性质测定

根据食品标准 GB/T 1354 2018《大米》及文献报道对 15 批大米的长宽比、碎米率、水分含量、过氧化氢酶活动度、直链淀粉进行测定^[9-11]。文献报道过氧化氢酶作为检测大米等谷物的陈化程度或新鲜度的指标，可用于判断大米的新鲜程度^[12]，因此本实验增加过氧化氢酶的指标测定。结果见表 2。

表 2 15 批大米理化性质测定结果

Table 2 Results of physicochemical properties of 15 batches of rice

编号	长宽比	碎米率/ %	水分/ %	过氧化氢酶活动 度/(mg H ₂ O ₂ ·g ⁻¹)	直链 淀粉/%
D1	3.32	8.40	13.61	10.82	23.07
D2	1.99	9.14	12.49	17.48	23.33
D3	2.33	6.96	11.58	10.73	18.82
D4	1.79	7.09	13.27	4.74	22.87
D5	2.16	6.11	13.94	8.23	22.62
D6	1.93	13.20	12.42	9.87	21.42
D7	2.91	4.99	13.01	8.14	22.36
D8	2.07	4.75	14.88	16.64	22.91
D9	1.70	2.74	15.20	6.68	23.68
D10	3.62	14.24	12.51	2.79	19.97
D11	3.11	12.34	13.22	7.51	23.17
D12	3.10	15.64	13.64	2.13	20.04
D13	1.74	5.05	13.86	18.42	25.79
D14	1.50	6.73	15.38	2.85	22.49
D15	3.48	5.70	13.49	7.04	19.32

2.2 米炒党参样品的制备

参照《中国药典》2020 年版及文献报道中的炮制方法对党参进行炮制，即每 100 g 党参加米 30 g，140 ℃ 拌炒至党参饮片呈深黄色出锅，即得米炒党参饮片^[1,13]。分别用表 1 中 15 批大米炒制党参得到 15 批不同米炒制的党参炮制样品 (M1~M15)。

2.3 党参炔苷含量测定^[14-15]

2.3.1 色谱条件 色谱柱为 Agilent C₁₈ 柱 (150 mm×4.6 mm, 5 μm); 流动相为乙腈-水 (28:72); 体积流量 1.0 mL/min; 柱温 30 ℃; 进样量 10 μL; 检测波长 267 nm。色谱图见图 1。

2.3.2 供试品溶液的制备 精密称取米炒党参粉末

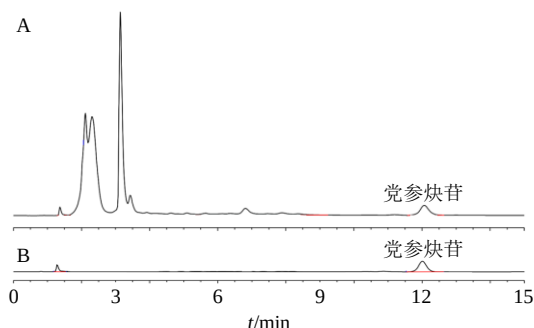


图 1 米炒党参样品 (A) 和党参炔苷对照品 (B) HPLC 图
Fig. 1 HPLC of rice fried *Codonopsis Radix* sample (B) and lobetyolin reference substance (A)

(过 3 号筛) 1 g，置 50 mL 具塞锥形瓶中，精密加入甲醇 25 mL，称定质量。超声处理 30 min 后，冷却至室温，用甲醇补足减失的质量，过 0.45 μm 滤膜，即得。

2.3.3 对照品溶液的制备 精密称取党参炔苷对照品 5.23 mg，置 25 mL 量瓶中，加甲醇溶解、定容至刻度，0.45 μm 微孔滤膜滤过，即得质量浓度为 209.2 μg/mL 的对照品溶液。

2.3.4 线性关系考察 将“2.3.3”项下对照品分别配制成质量浓度为 100、80、40、30、15、10 μg/mL 的溶液，注入液相色谱仪，测定峰面积。以对照品溶液质量浓度为横坐标 (X)，峰面积为纵坐标 (Y) 绘制标准曲线，得到线性回归方程 $Y=0.116\ 9\ X-0.327\ 7$, $R^2=0.999\ 2$ ，结果表明党参炔苷在 10.0~100.0 μg/mL 线性关系良好。

2.3.5 样品测定 取 15 批样品 M1~M15，按照“2.3.2”项方法操作制备供试品溶液，按照“2.3.1”项方法进行测定，结果见表 3。

2.4 党参多糖含量测定^[13,16-17]

2.4.1 测定方法 精密量取待测溶液 0.5 mL 置干燥具塞试管中，分别加水补至 2.0 mL，各精密加入 5% 苯酚溶液 1 mL，浓硫酸 5 mL，涡旋 20 s 摇匀后，放置 10 min，水浴保温 20 min 后取出，迅速冷却至

表 3 15 批米炒党参有效成分含量测定结果 ($\bar{x} \pm s$, $n=3$)

Table 3 Determination of content of active components of 15 batches of rice fried *Codonopsis Radix* powder ($\bar{x} \pm s$, $n=3$)

编号	党参炔苷/%	党参多糖/%	5-HMF/%	醇浸出物/%
生党参	0.052±0.001	12.270±0.030	/	65.568±0.006
M1	0.054±0.002	15.290±0.055	0.037±0.000	64.320±0.013
M2	0.056±0.006	18.060±0.096	0.043±0.000	67.520±0.009
M3	0.053±0.005	14.240±0.021	0.143±0.002	61.080±0.013
M4	0.050±0.008	15.130±0.156	0.106±0.000	68.070±0.008
M5	0.053±0.007	16.970±0.021	0.048±0.000	64.450±0.013
M6	0.048±0.004	14.630±0.046	0.452±0.001	64.000±0.004
M7	0.047±0.009	14.450±0.135	0.055±0.000	63.980±0.014
M8	0.053±0.013	15.900±0.172	0.207±0.002	66.880±0.005
M9	0.054±0.014	17.110±0.173	0.098±0.003	68.840±0.001
M10	0.053±0.004	12.760±0.050	0.184±0.001	65.080±0.012
M11	0.050±0.008	13.930±0.087	0.341±0.001	68.320±0.018
M12	0.045±0.005	11.130±0.105	0.117±0.002	67.540±0.013
M13	0.032±0.008	13.410±0.115	0.243±0.004	70.160±0.004
M14	0.044±0.008	13.150±0.154	0.028±0.000	67.440±0.005
M15	0.045±0.005	13.920±0.095	0.118±0.002	62.950±0.018

室温,以相应的试剂为空白,于波长 490 nm 处测定吸光度。

2.4.2 对照品溶液的制备 精密称取 105 °C 干燥至恒定质量的无水葡萄糖对照品 10.30 mg,置 100 mL 量瓶中加适量水溶解,定容至刻度,摇匀,即得。

2.4.3 供试品溶液的制备 精密称取党参粗粉 0.2 g 置圆底烧瓶中,加 80%乙醇 150 mL,水浴锅中回流提取 1 h,趁热滤过,滤渣加蒸馏水 150 mL,提取 2 h,趁热滤过,滤液加蒸馏水定容至 250 mL 量瓶中,摇匀即得。

2.4.4 线性关系考察 取对照品溶液 0.1、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0 mL,分别置 10 mL 具塞试管中,分别加水补至 2.0 mL,按“2.4.1”项下方法,分别于 490 nm 下测定吸光度,以溶液质量浓度为横坐标(X),以吸光度为纵坐标(Y),得到线性回归方程 $Y=0.0551X-0.0326$, $R^2=0.9992$ 。结果表明,无水葡萄糖在 1.275~12.750 μg/mL 与吸光度值呈良好的线性关系。

2.4.5 样品测定 取 15 批样品 M1~M15,按照“2.4.3”项方法操作制备供试品溶液,按照“2.4.1”项方法进行测定,结果见表 3。

2.5 5-HMF 含量测定^[18-19]

2.5.1 色谱条件 色谱柱为 Agilent Extend-C₁₈(250 mm×4.6 mm, 5 μm)柱;流动相为甲醇-水(10:90);检测波长 285 nm;进样量 10 μL;进样时间 30 min;体积流量 1.0 mL/min;柱温 30 °C。色谱图见图 2。

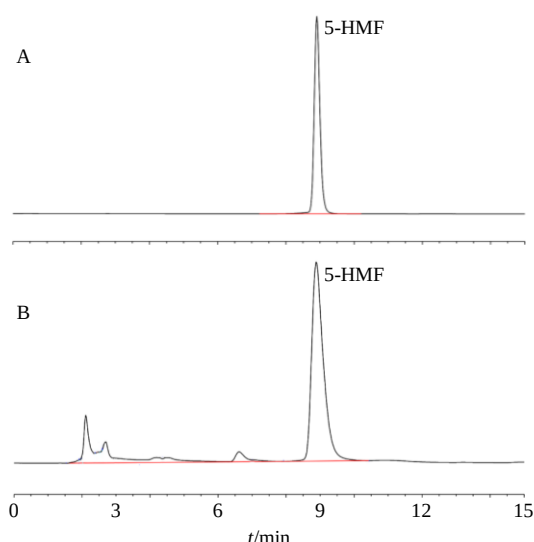


图 2 5-HMF 对照品 (A) 和米炒党参样品 (B) HPLC 图
Fig. 2 HPLC of 5-hydroxymethylfurfural reference substance (A) and rice fried *Codonopsis Radix* sample (B)

2.5.2 对照品溶液的制备 精密称取 5-HMF 4 mg,加入 10%甲醇溶解后,定容于 10 mL 量瓶,摇匀,制成质量浓度为 0.40 mg/mL 的对照品溶液。

2.5.3 供试品溶液的制备 精密称取米炒党参粉末 1.0 g,置 25 mL 具塞锥形瓶中,加入 50%甲醇 25 mL,超声提取 30 min,放凉至室温,用 50%甲醇补足减失的质量,滤过,取续滤液过 0.22 μm 微孔滤膜,即得。

2.5.4 线性关系考察 分别吸取对照品溶液 0.5、1.0、2.0、4.0、6.0、8.0、10.0 μL,注入高效液相色谱仪,分别测定峰面积。以峰面积积分值为纵坐标(Y)、进样量为横坐标(X),绘制标准曲线,计算回归方程可知 $Y=88.01X+4.1271$, $R^2=0.9995$,结果表明 5-HMF 在 0.2~4.0 μg 与峰面积呈良好的线性关系。

2.5.5 样品测定 取 15 批样品 M1~M15,按照“2.5.3”项方法操作制备供试品溶液,按照“2.5.1”项方法进行测定,结果见表 3。

2.6 醇浸出物含量测定

按照《中国药典》2020 年版(四部)通则 2201 热浸法测定。15 批样品 M1~M15 醇浸出物测定结果见表 3。

2.7 米炒党参样品表观颜色测定

2.7.1 测定方法 采用色度仪对 15 批米炒党参饮片样品粉末(过 3 号筛)进行客观评价。测定条件:光源 D65,观察角度 2°,照明口径 50 mm,扫描速度 600 nm/min,狭缝宽度 1 nm。经标准白板校正后,记录色度值 L^* (表示明度)、 a^* (表示红绿方向, $+a^*$ 为红方向, $-a^*$ 为绿方向)和 b^* (表示黄蓝方向, $+b^*$ 为黄方向, $-b^*$ 为蓝方向)^[20]。总色差值 E^*_{ab} 按公式 $E^*_{ab}=[L^{*2}+a^{*2}+b^{*2}]^{1/2}$ 方法计算。

2.7.2 精密度试验 取 M3 粉末适量,重复测量 6 次,结果 L^* 、 a^* 、 b^* 的 RSD 分别为 0.03%、0.28%、0.07%,表明仪器精密度良好。

2.7.3 重复性试验 取 M3 粉末适量,精密称定 6 份,每份测量 1 次,结果 L^* 、 a^* 、 b^* 的 RSD 分别为 0.14%、0.31%、0.10%,表明该方法重复性良好。

2.7.4 稳定性试验 取 M3 粉末适量,分别于 0、1、2、3、4、5、6 h,进行样品颜色测定,结果 L^* 、 a^* 、 b^* 的 RSD 分别为 0.13%、0.25%、0.12%,表明该样品在 6 h 内稳定性良好。

2.7.5 米炒党参的颜色值测定结果 15 批米炒党参饮片颜色值测定结果见表 4。

表 4 15 批米炒党参颜色值测定结果 ($\bar{x} \pm s, n = 3$)

Table 4 Results of apparent color value of 15 batches of rice fried *Codonopsis Radix* powder ($\bar{x} \pm s, n = 3$)

编号	L^*	a^*	b^*	E^*_{ab}
M1	71.660±0.075	6.790±0.035	28.880±0.015	77.560±0.061
M2	74.010±0.066	9.940±0.025	29.240±0.010	80.200±0.067
M3	62.870±0.075	6.310±0.015	26.760±0.025	68.620±0.058
M4	73.220±0.090	9.370±0.020	28.850±0.015	79.250±0.091
M5	71.070±0.091	7.960±0.015	28.970±0.006	77.160±0.080
M6	69.540±0.078	6.740±0.025	27.980±0.015	75.260±0.075
M7	70.020±0.080	7.340±0.006	28.420±0.015	75.920±0.079
M8	73.600±0.051	8.500±0.058	28.800±0.021	79.490±0.046
M9	75.780±0.055	10.550±0.015	29.920±0.006	82.150±0.054
M10	68.560±0.085	6.600±0.012	27.720±0.015	74.250±0.085
M11	73.040±0.095	8.630±0.006	28.300±0.012	78.800±0.084
M12	66.110±0.075	6.610±0.015	28.090±0.015	72.130±0.076
M13	73.640±0.085	9.180±0.006	29.600±0.015	79.900±0.080
M14	69.130±0.076	7.700±0.015	28.760±0.006	75.270±0.073
M15	67.510±0.035	6.590±0.015	28.020±0.010	73.390±0.037

2.8 AHP-熵权法评价饮片质量

2.8.1 AHP 法确定各指标成分权重 AHP 即层次分析法,是一种定性和定量相结合、系统化和层次化的分析方法^[21-22]。根据影响不同米炒党参饮片指标间的相互关系,确立 3 个层次的综合评价模型,构成目标层、指标层和方案层,根据指标层对 15 批米炒党参质量进行评价,具体见图 3。层次结构的第 1 个层次用于定义目标,即不同米炒党参的品质评价。第 2 级为指标层,即与米炒党参质量有关的影响因子,方案层位于第 3 层,即 15 批米炒党参样品。根据党参中各指标成分的含量及重要程度,将指标成分含量作为权重予以量化,确定各指标优先顺序:醇浸出物>党参炔苷=党参多糖>5-HMF。以此构成成对比较的优先矩阵,并获得各指标的相对评分,指标成对比较的判断优先矩阵见表 5。其中,一致性检验参数 $\lambda_{\max}=4$,一致性指标

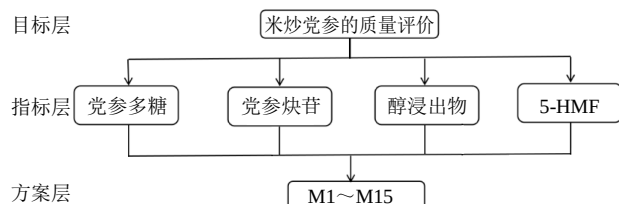


图 3 米炒党参层次结构图

Fig. 3 Hierarchy diagram of rice fried *Codonopsis Radix* powder

表 5 指标成对比较的判断优先矩阵

Table 5 Judgment precedence matrix for paired comparison of indicators

指标成分	党参多糖	党参炔苷	醇浸出物	5-HMF	权重(Z_j)
党参多糖	1	1	1/2	3/2	0.214
党参炔苷	1	1	1/2	3/2	0.214
醇浸出物	2	2	1	3	0.429
5-HMF	2/3	2/3	1/3	1	0.143

(consistency index, CI) = 0, 随机一致性比率 (consistent ratio, CR) = 0 < 0.1, 符合一致性检验。

2.8.2 熵权法确定各指标成分权重 熵权法是一种在综合考虑各因素所提供信息量的基础上,根据各项指标观测值所提供信息量的大小来确定指标权重的方法^[23-24]。具体步骤如下。

(1) 原始数据标准化: 假设给定了 m 个指标, n 个评价对象的原始数据矩阵为 $A = (X_{ij})_{m \times n}$, 对各指标数据进行标准化处理。

$$Y_{ij} = (X_{ij} - X_{ij\min}) / (X_{ij\max} - X_{ij\min}) \quad (1)$$

(2) 计算评价指标的概率矩阵 (P_{ij})。

$$P_{ij} = Y_{ij} / \sum_{j=1}^n Y_{ij} \quad (2)$$

(3) 求各指标的信息熵 (E_j)。

$$E_j = -k \sum_{j=1}^n P_{ij} \ln P_{ij}, k = 1/\ln n \quad (3)$$

(4) 确定各指标权重系数 (A_j)。

$$A_j = (1 - E_j) / \sum_{i=1}^m (1 - E_j) \quad (4)$$

通过计算,党参多糖、党参炔苷、醇浸出物、5-HMF 的权重系数分别为 0.250、0.199、0.291、0.261。

2.8.3 综合指标确定 AHP 法侧重于决策者的主观爱好,而熵权法侧重于挖掘数据本身所蕴含的客观信息,因此,将主观权重与客观权重综合考虑,采用 AHP 得主观权重系数 (Z_j),运用熵权法得客观权重系数 (A_j),将主观权重系数和客观权重系数综合考虑,按照下列公式计算综合权重 (W_j)。

$$W_j = Z_j A_j / \sum_{i=0}^n Z_j A_j \quad (5)$$

按照公式计算 4 种性质成分的 W_j ,最终可知党参多糖、党参炔苷、醇浸出物和 5-HMF 的 W_j 值分别为 0.294、0.181、0.306、0.219。根据 W_j 得分对 15 批米炒党参饮片进行排序,结果见表 6,由表 6 可知,15 批米炒党参饮片综合评分结果为 M9 >

表 6 15 批米炒党参饮片 AHP-熵权法得分及排序结果

Table 6 AHP-entropy method score and ranking results of 15 batches of rice fried *Codonopsis Radix* powder

编号	得分	排序	编号	得分	排序	编号	得分	排序
M1	35.591	10	M6	35.323	12	M11	37.288	5
M2	37.841	3	M7	35.223	13	M12	36.206	8
M3	33.744	15	M8	37.027	6	M13	38.063	2
M4	37.422	4	M9	38.276	1	M14	36.627	7
M5	36.057	9	M10	35.382	11	M15	34.592	14

M13>M2>M4>M11>M8>M14>M12>M5>M1>M10>M6>M7>M15>M3。为了更好地比较粳米炒制党参与籼米炒制党参有无区别,选择独立 t 检验对粳米炒制党参和籼米炒制党参的各化学成分和综合评分进行两两比较,结果见表 7。由表 7 可知,粳米和籼米炒制的党参多糖、醇浸出物和综合评分的 P 值均小于 0.05,具有显著性差异。

2.9 米炒党参有效成分含量与大米理化性质相关性分析

采用 SPSS 20.0 统计软件对 15 批米炒党参饮片党参炔苷、党参多糖、5-HMF 和醇浸出物含量与大米长宽比、碎米率、水分含量、过氧化氢酶活动度、直链淀粉进行 Pearson 相关性分析,研究大米理化性质对米炒党参有效成分含量的影响,结果见表 8。结果显示,党参炔苷含量与过氧化氢酶活动度成正

表 7 2 组米炒党参有效成分和综合评分的独立 t 检验Table 7 Independent t test of active components and comprehensive score of two groups of rice fried *Codonopsis Radix* powder

名称	自由度	t 值	P 值
党参多糖	13	-2.281	0.040
党参炔苷	13	0.159	0.876
醇浸出物	13	-2.726	0.017
5-HMF	13	1.133	0.278
综合评分	13	-3.912	0.002

相关 ($P<0.01$),党参多糖含量与过氧化氢酶活动度 ($P<0.01$)、直链淀粉 ($P<0.05$) 成正相关;醇浸出物含量与水分含量 ($P<0.05$)、直链淀粉含量 ($P<0.01$) 呈正相关。

2.10 米炒党参有效成分含量与颜色值相关性分析

采用 SPSS 20.0 统计软件对 15 批米炒党参饮片党参炔苷、党参多糖、5-HMF 和醇浸出物含量与颜色值 L^* 、 a^* 、 b^* 、 E^*_{ab} 进行 Pearson 相关性分析,研究米炒党参有效成分含量与颜色值的相关性,见表 9。结果显示党参多糖含量与 L^* 、 a^* 、 E^*_{ab} 均呈显著正相关,醇浸出物含量与 L^* 、 a^* 、 b^* 、 E^*_{ab} 均呈显著正相关。

3 讨论

本实验研究结果显示,在相同的炮制条件下,

表 8 15 批米炒党参饮片有效成分含量与大米理化性质相关性分析结果

Table 8 Analysis results of correlation between content of active components of 15 batches of rice fried *Codonopsis Radix* powder and physicochemical properties of rice

指标成分	Pearson 相关性分析					P 值				
	长宽比	碎米率	水分含量	过氧化氢酶活动度	直链淀粉	长宽比	碎米率	水分含量	过氧化氢酶活动度	直链淀粉
党参炔苷	0.196	0.175	-0.268	0.704**	0.399	0.483	0.533	0.334	0.003	0.216
党参多糖	-0.413	-0.432	-0.086	0.821**	0.582*	0.126	0.108	0.766	0.000	0.023
5-HMF	0.125	0.089	-0.257	-0.121	-0.132	0.657	0.752	0.355	0.666	0.621
醇浸出物	-0.423	-0.066	0.586*	0.034	0.692**	0.116	0.816	0.022	0.904	0.004

表 9 15 批米炒党参饮片有效成分含量与颜色值相关性分析结果

Table 9 Analysis results of correlation between content of active components and apparent color value of 15 batches of rice fried *Codonopsis Radix* powder

指标成分	Pearson 相关性分析				P 值			
	L^*	a^*	b^*	E^*_{ab}	L^*	a^*	b^*	E^*_{ab}
党参炔苷	0.414	0.268	0.271	0.400	0.125	0.334	0.328	0.140
党参多糖	0.601*	0.609*	0.511	0.603*	0.018	0.016	0.051	0.017
5-HMF	-0.075	-0.171	-0.432	-0.125	0.791	0.541	0.108	0.657
醇浸出物	0.709**	0.762**	0.732**	0.723**	0.003	0.001	0.002	0.002

各样品指标成分含量均符合《中国药典》2020 年版规定,但不同地区、不同种类大米炒制的党参饮片质量存在一定的差异。采用 AHP-熵权法,主客观并重地对不同大米炒制的党参进行质量评价,可以科学、合理地反映中药质量评价中各指标的相对重要程度^[20,25]。醇浸出物是《中国药典》2020 年版规定测定的指标成分,党参多糖是党参的主要活性成分之一,在党参中含量较高,因此醇浸出物和党参多糖权重系数较高。

2 组米炒党参有效成分和综合评分的独立 t 检验结果表明粳米炒制和籼米炒制的党参的综合得分具有显著性差异 ($P < 0.05$), 15 批米炒党参饮片 AHP-熵权法得分及排序结果显示 M9、M13、M2、M4、M11、M8、M14、M12、M5 综合排序靠前,除 M11、M12 外,其他均为粳米炒制的党参饮片,表明米炒党参饮片质量与炮制辅料大米有一定的相关性,且粳米炒制的党参饮片质量普遍优于籼米炒制的饮片质量。不同米炒党参有效成分含量与颜色值多元相关分析研究表明党参多糖与表观颜色值 L^* 、 a^* 、 E^*_{ab} 值均具有显著相关性,醇浸出物含量与颜色值 L^* 、 a^* 、 b^* 、 E^*_{ab} 均呈显著相关性,提示通过对颜色的量化可以客观地初步判断米炒党参中党参多糖、醇浸出物的变化趋势。

党参炔苷保护胃肠黏膜损伤^[26],是党参特征性成分,党参多糖为党参中主要活性成分,具有提高免疫力、抗肿瘤等作用。15 批米炒党参有效成分含量与大米理化性质的多元相关分析结果表明,党参炔苷、党参多糖与大米过氧化氢酶活动度呈显著正相关,过氧化氢酶活动度作为检测大米等谷物的陈化程度或新鲜度的指标,可用于判断大米的新鲜程度,提示大米新鲜程度会影响其炒制后中药饮片的成分,可能进一步影响中药饮片的质量。淀粉是决定大米品质的主要因素,直链淀粉含量越高,大米硬性与膨胀率越高,在与中药饮片炮制过程中不易破碎,可以更好地起到传热介质、吸附的作用^[10],党参多糖、醇浸出物与大米直链淀粉含量成显著正相关,15 批米炒党参中 5-HMF 含量与大米的各理化性质均无显著相关性,且不同大米炒制的党参中 5-HMF 含量无显著差异。

本研究在测定 15 批不同地区、不同种类辅料大米理化性质的基础上,通过对不同大米炮制的党参饮片的主要化学成分和颜色值进行测定,运用 AHP-熵权法对结果进行科学评价,并采用多元相关分析

分别研究大米理化性质、不同米炒党参饮片颜色与不同米炒党参饮片主要化学成分的相关性,探讨了辅料用大米对米炒党参质量的影响,可为炮制辅料大米质量标准的制定及其他中药饮片质量评价提供参考依据,后续实验中将扩大样本量,进一步探讨辅料大米对米炒党参饮片药效等其他方面的影响。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 中国药典 [S]. 一部. 2020: 293.
- [2] 郭换, 刘飞, 梅国荣, 等. 色度分析花椒黄酮类成分含量与颜色值的相关性 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2017, 23(6): 91-97.
- [3] 宿莹, 李翟, 侯晓琳, 等. 基于色差原理分析龙胆有效成分含量与颜色的相关性 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2019, 25(13): 151-156.
- [4] 徐曼菲, 吴志生, 刘晓娜, 等. 从辨色论质谈中药质量评价方法 [J]. 中国中药杂志, 2016, 41(2): 177-181.
- [5] 罗春丽, 陈海昕, 王文娟, 等. 不同工艺制备米党参抗应激反应及质量对比研究 [J]. 中国现代中药, 2016, 18(4): 501-504, 508.
- [6] 刘海萍, 郭雪清, 王英锋, 等. 米炒党参与麸炒党参挥发性成分 GC-MS 分析 [J]. 首都师范大学学报: 自然科学版, 2006, 27(3): 41-44, 36.
- [7] 刘瑶. 泰国香米和五常大米品质分析和特征性风味成分的研究 [D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2018.
- [8] 赵旭, 王丙涛, 张思娴, 等. 元素含量分析应用于泰国香米原产地鉴别 [J]. 常州大学学报: 自然科学版, 2018, 30(4): 36-40.
- [9] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 大米: GB/T 1354—2018 [S]. 2018.
- [10] 王清浩, 王云, 张雪, 等. 米炒法中辅料大米的质量标准研究 [J]. 中国中药杂志, 2019, 44(9): 1814-1821.
- [11] 朱星晔, 韩育梅. 过氧化氢酶的检测方法及其在大米贮藏中的应用 [J]. 农产品加工: 学刊, 2010(8): 103-105.
- [12] 周显青, 张玉荣. 储藏稻谷品质指标的变化及其差异性 [J]. 农业工程学报, 2008, 24(12): 238-242.
- [13] 陈江鹏, 戴俊东, 裴纹萱, 等. 基于功效成分与形性指标相关性分析的米炒党参炮制工艺标准化研究 [J]. 中国中药杂志, 2018, 43(12): 2543-2551.
- [14] 吕辰子, 何美菁, 王勃, 等. 响应曲面法优化米炒党参炮制工艺研究 [J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2019, 21(10): 2225-2230.
- [15] 孙庆文, 黄敏, 何顺志. 高效液相色谱法测定土党参中党参炔苷的含量 [J]. 时珍国医国药, 2009, 20(1): 120-121.

- [16] 郭彦芳, 谷巍, 邱蓉丽, 等. 不同干燥方法对潞党参药材品质的影响 [J]. 南京中医药大学学报, 2020, 36(5): 600-606.
- [17] 吕立铭, 高娟, 李大炜, 等. 党参清蒸前后成分含量变化及对功效的影响 [J]. 中医药导报, 2020, 26(9): 45-48.
- [18] 吴翠. 中药变色和贮藏过程中 5-羟甲基糠醛等理化指标的分析研究 [D]. 北京: 中国中医科学院, 2018.
- [19] 吴翠, 徐靓, 马玉翠, 等. 党参走油与色泽、水分、5-羟甲基糠醛的相关性研究 [J]. 中药材, 2019, 42(4): 782-784.
- [20] 高慧, 王新杰, 张瑶, 等. 基于表里量化关联的酒当归有效成分与表观颜色相关性研究 [J]. 中国中医药信息杂志, 2020, 27(11): 71-75.
- [21] 李艳萍, 乔琦, 柴发合, 等. 基于层次分析法的工业园区环境风险评价指标权重分析 [J]. 环境科学研究, 2014, 27(3): 334-340.
- [22] 李慧, 刘其南, 张丽, 等. 基于层次分析法及多指标正交试验优选酒炖女贞子炮制工艺 [J]. 中草药, 2016, 47(16): 2832-2837.
- [23] 王继龙, 魏舒畅, 刘永琦, 等. 基于 G1-熵权法和正交设计优选黄芪百合颗粒的提取纯化工艺 [J]. 中草药, 2018, 49(3): 596-603.
- [24] 曲彤, 袁培培, 张琳, 等. 基于 AHP-熵权法结合 D-最优设计响应面法优化玄参蒸制工艺 [J]. 中草药, 2019, 50(10): 2325-2331.
- [25] 程中琴, 王姗姗, 刘小妹, 等. 基于 AHP-熵权法结合指纹图谱优选盐黄柏炮制用盐 [J]. 中华中医药杂志, 2019, 34(9): 4298-4302.
- [26] 冯彬彬, 张建海, 牛小花, 等. Box-Behnken 设计优化庙宇党参中党参炔苷和党参总多糖提取工艺 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2015, 21(24): 18-21.

[责任编辑 郑礼胜]