

基于变异系数法评价不同干燥方式 人参的品质差异

孟灵旭, 张 静, 张洪涛, 孟相俊, 朱正华, 张啸环*

(长春中医药大学药学院, 长春 130117)

摘要: **目的** 探究不同干燥方式对人参活性成分及感官品质的影响。**方法** 将洗净后的人参切片(厚度 3 mm)采用真空冷冻干燥、自然晒干、30°C热风干燥、55°C热风干燥、自然阴干 5 种不同干燥方式制得人参饮片, 测定人参片的色泽、复水比、体积收缩率、总皂苷含量、总黄酮含量、总糖含量、浸出物含量、二苯苦味酰肼(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, DPPH)自由基清除率, 应用扫描电电子显微镜技术(scanning electron microscope, SEM)对其内部结构进行分析。**结果** 变异系数法赋权综合评分表明, 冻干的人参品质最优(综合评分为 1.3247), 阴干人参品质最差(综合评分为-0.7130)。扫描电镜图表明冻干的人参其内部细胞结构更完整, 其他干燥方式均存在不同程度的塌陷和细胞破损。综合比较, 从外观性状、药效成分含量及加工等方面综合考虑, 冻干的人参质地酥脆, 外观片型优美, 且活性成分含量较高; 若考虑成本问题且药材加工量大, 需缩短干燥加工时间, 可以采用 55°C的热风干燥; 阴干和晒干均干燥时间长且品质不如冻干和热风干燥。**结论** 该研究为人参片的加工及其品质评价提供了一定的理论依据。

关键词: 人参; 干燥; 变异系数法; 品质

Evaluation of the quality of *Panax ginseng* at different drying methods based on the coefficient of variation method

MENG Ling-Xu, ZHANG Jing, ZHANG Hong-Tao, MENG Xiang-Jun,
ZHU Zheng-Hua, ZHANG Xiao-Huan*

(School of Pharmacy, Changchun University of Chinese Medicine, Changchun 130117, China)

ABSTRACT: Objective To explore the influence of different drying methods on active ingredients and sensory quality of *Panax ginseng*. **Methods** The washed *Panax ginseng* slices (thickness 3 mm) were dried by vacuum freeze-drying, natural sun-drying, hot air drying at 30°C, hot air drying at 55°C and natural shade drying. The color, rewater ratio, volume shrinkage, total saponin content, total flavonoids content, total sugar content, extract content and free radical scavenging rate of 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazine (DPPH) were measured; scanning electron microscopy (SEM) technology was applied to analyze its internal structure. **Results** The coefficient of variation method weighted comprehensive score showed that the quality of freeze-dried *Panax ginseng* was the best (comprehensive score was 1.3247), while the quality of dried *Panax ginseng* was the worst (comprehensive score was

基金项目: 吉林省中药饮片炮制规范项目(JLPZGF-2020-098)

Fund: Supported by the Jilin Province Traditional Chinese Medicine Decoction Slice Processing Standard Project (JLPZGF-2020-098)

*通信作者: 张啸环, 硕士, 教授, 主要研究方向为中药炮制关键技术及科学内涵研究。E-mail: 619787310@qq.com

*Corresponding author: ZHANG Xiao-Huan, Master, Professor, Changchun University of Chinese Medicine, Changchun 130117, China. E-mail: 619787310@qq.com

-0.7130). The scanning electron microscope chart showed that the internal cell structure of freeze-dried *Panax ginseng* was more complete and other drying methods had varying degrees of collapse and cell damage. After comprehensive comparison, considering the appearance, pharmacological ingredient content, and processing, freeze-drying *Panax ginseng* had a crispy texture, good appearance, and a high content of active ingredients. If considering cost issues and the large processing volume of medicinal materials, it was necessary to shorten the drying and processing time, and hot air drying at 55°C could be used, both shade drying and sun drying had longer drying times and lower quality than freeze-drying and hot air drying. **Conclusion** This study provides a theoretical basis for the processing and quality evaluation of *Panax ginseng* slices.

KEY WORDS: *Panax ginseng*; dry; variation coefficient method; quality

0 引言

人参为五加科植物人参(*Panax ginseng* C. A. Mey.)的干燥根和根茎^[1]。《神农本草经》中记载人参味甘、微寒, 无毒, 主补五脏, 安精神, 定魂魄, 止惊悸, 除邪气, 明目, 开心益智, 久服轻身延年, 明确指出了人参的药用和食用价值。2003 年中国卫生部首次颁布的药食同源食品目录划定的 3 个中药类目中可用于保健食品的材料便有人参, 人参作为药食同源的一味中药, 自古就是一种大补之物, 且食之多样, 可喝汤、泡酒、做菜等。一般将食品原料作为人参成分的载体, 经加工处理, 不仅使人参食品具有良好的风味和食用价值, 还能满足人们对营养保健的需求^[2]。人参的化学成分主要有皂苷、多糖、黄酮类、挥发油、微量元素等, 现代药理学研究表明人参具有调节肠道菌群^[3]、增强免疫功能^[4]、抗心肌缺血^[5]、抗疲劳^[6-7]、抗肿瘤^[8]等作用。

中国是人参生产大国, 产量占世界总产量的 70%, 吉林省的人参产量占全国总产量的 85%以上^[9], 鲜参含水量在 80%以上极易发霉和变质, 故选择适合的干燥方式尤为重要。干燥方式和工艺对中药的性能、外观、质量等有直接的影响, 都有其优势或不足^[10]。人参传统干燥方式为晒干、阴干和烘干等, 随着科学技术的不断发展和升级, 真空冷冻干燥越来越多的应用到人参的干燥中。变异系数法根据指标数据计算权重, 反映了指标数据变化的客观信息, 是一种可观的求权重的方法^[11]。吴建雄等^[12]通过变异系数法-AHP 综合加权优选陈皮炮制工艺, 不仅可以较好地避免出现主观偏好性误差, 同时兼顾数据的稳定性与差异性, 具有较强的说服力, 为其临床应用提供了参考。

本研究以人参片为研究对象, 分别采用真空冷冻干燥、30°C烘干、55°C烘干、自然阴干、自然晒干 5 种干燥方式, 通过变异系数法对干燥后人参的色度值、外观性状、复水比(rehydration ratio, RR)、体积收缩率、二苯苦味酰肼(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, DPPH)自由基清除率与内在活性成分进行评价分析, 并探究其内部结构变化, 以筛选适宜的人参干燥方法, 为规范人参加工、贮藏及临床应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

鲜人参药材(批号 XRS20210625, 吉林省通化市); 人参皂苷 Re 对照品(批号 J10N11A130576)、D+-无水葡萄糖(批号 S10S9I69833)、芦丁对照品(批号 M09HB177693)(纯度≥98%, 上海源叶生物科技有限公司); 乙腈(色谱纯, 美国 Thermo Fisher Scientific 公司); 纯净水(杭州娃哈哈集团有限公司); 甲醇(分析纯, 北京化工厂)。

1.2 实验仪器

Epsilon 2-4 LSCplus 型冻干机(德国 Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH 公司); DHG-9070A 鼓风干燥箱(上海精其仪器有限公司); XL-30 场发射环境扫描电子显微镜(美国 FEI 公司); TU-1901 紫外可见分光光度计(北京普析通用仪器有限责任公司); HH-S2 型数显恒温水浴锅(上海众越仪器设备有限公司); Infinte M200 Pro 型多功能酶标仪(TECAN 帝肯有限公司); 3NH 高品质电脑色差仪(深圳市三恩时科技有限公司)

1.3 实验方法

1.3.1 人参片加工工艺流程

取鲜人参, 去除杂质, 洗净, 主根横切成 3 mm 的片, 按下述方法进行干燥, 得成品。

1.3.2 干燥方式及参数(1)真空冷冻干燥

取鲜人参片, 平铺于托盘内, 置于真空冷冻干燥箱内, 预冻-30°C, 2 h; 主干燥-10°C, 8 h 取出称重, 记为冻干。

(2) 30°C、55°C热风干燥

同法置于鼓风干燥箱中, 设置干燥箱温度 30°C, 20 h 完成基本干燥取出称重; 另设置干燥箱温度为 55°C, 10 h 完成基本干燥, 取出称重, 分别记为 30°C烘干、55°C烘干。

(3)自然晒干

同法置于晒药房, 每隔 5 h 翻动一次, 54 h 完成基本干燥, 称重, 记为晒干。

(4)自然阴干

同法置于通风阴凉处, 每隔 5 h 翻动一次, 70 h 完成基本干燥, 称重, 记为阴干。

1.3.3 不同干燥方式人参指标测定

(1) 浸出物含量测定

水分测定参照《中国药典》2020 版四部通则中方法, 浸出物含量参照《中国药典》2020 年版第一部附录 2201 项下的热浸法测定^[1]。

(2) 色泽的测定

参考文献[13], 采用 3NH 高品质电脑色差仪(D65 光源)测定样品色度值, 以鲜人参片作为色差衡量标准, 每个样品重复 3 次, 取平均值, 根据测得 L^* 、 a^* 、 b^* 计算色差值 ΔE , ΔE 计算见公式(1):

$$\Delta E = \sqrt{(L_0^* - L^*)^2 + (a_0^* - a^*)^2 + (b_0^* - b^*)^2} \quad (1)$$

式中, L^* , 鲜品的明度值; L_0^* , 干品的明度值; a^* , 鲜品的红绿值; a_0^* , 干品的红绿值; b^* 鲜品的黄蓝值; b_0^* , 干品的黄蓝值; ΔE , 色差值。

(3) 复水比的测定

参考文献[14], 称取不同干燥方式下的人参片, 分别放入 25°C 蒸馏水中, 保持 1 h, 每隔 10 min 快速擦干样品表面水分, 进行称量, RR 计算见公式(2):

$$RR = \frac{M}{M_0} \quad (2)$$

式中, RR—复水比(%); M —复水后人参片质量(g); M_0 —人参片原始质量(g)。

(4) 体积收缩率的测定

参考文献[15], 测量人参切片干燥前后直径及厚度, 计算其体积收缩率, 如公式(3)所示:

$$S = \frac{(V_1 - V_2)}{V_1} \quad (3)$$

式中, S —收缩率(%); V_1 —干燥前人参片体积(mm^3); V_2 —干燥后人参片体积(mm^3)。

(5) 扫描电镜观察

采用离子喷涂仪将人参片鲜样和干样镀膜, 通过扫描电镜扫描, 放大倍数为 100 倍^[16-17]。

(6) 总皂苷含量测定

① 标准品溶液的制备

精密称取人参皂苷 Re 对照品适量, 加甲醇制成 1 mg/mL 的溶液, 即得标准品溶液。

② 标准曲线的绘制

参考文献方法^[1]采用香草醛高氯酸法测定总皂苷含量, 以吸光度为纵坐标(Y), 质量为横坐标(X , mg)绘制标准曲线。得回归方程 $Y=4.1006X+0.027$ ($r^2=0.9991$), 线性范围为 0.0234~0.1755 mg。

③ 供试品溶液的制备

参考文献[18]制备供试品溶液, 并将样品吸光度带入回归方程, 计算样品中总皂苷含量(样品含量以绝对干品

计算, 下同)。

(7) 总黄酮含量测定

① 标准品溶液制备

精密称取芦丁标准品适量, 加甲醇制成 1 mg/mL 的溶液, 即得标准品溶液。

② 标准曲线的绘制

参考文献[19]采用硝酸铝氢氧化钠法测定总黄酮含量, 以吸光度为纵坐标 Y_1 , 质量为横坐标(X_1 , mg)绘制标准曲线。得回归方程 $Y_1=1.5027X_1-0.0366$ ($r^2=0.9996$), 线性范围为 0.0940~0.4700 mg。

③ 供试品溶液制备

参考文献[20]并修改, 取人参粉末(过 3 号筛), 加入 60%乙醇, 料液比(1:10, $m:V$), 加热回流 30 min, 放凉、过滤, 取滤液即得。将样品吸光度带入回归方程, 计算样品中总黄酮含量。

(8) 总糖含量测定

① 对照品溶液制备

取无水葡萄糖对照品适量, 精密称定, 加蒸馏水制成 1 mg/mL 的溶液, 即得。

② 标准曲线的绘制

采用水杨酸法测定总糖含量, 以吸光度为纵坐标 Y_2 , 质量为横坐标(X_2 , mg)绘制标准曲线。得回归方程 $Y_2=0.8929X_2-0.1277$ ($r^2=0.9992$), 线性范围为 0.2012~1.2074 mg。

③ 供试品溶液制备

参考文献[21]制备供试品溶液, 并将样品吸光度带入回归方程, 计算样品中总糖含量。

(9) DPPH 自由基清除实验

参考文献[22-23]方法, 分别吸取不同干燥方法的人参总皂苷提取液加入 100 μL 0.2 mmol/L DPPH-乙醇溶液, 室温避光反应 30 min, 以维生素 C (vitamin C, VC)作为对照, 在 517 nm 处测定吸光度。计算见公式(4):

$$\text{DPPH 自由基清除率}/\% = [1 - (A_2 - A_1)/A_0] \times 100\% \quad (4)$$

式中, A_2 -人参总皂苷提取液吸光度值; A_1 -乙醇溶液代替 DPPH 溶液吸光度值; A_0 -乙醇代替人参总皂苷提取液吸光度值。

(10) 综合评分

参考文献[24-26]应用变异系数法对不同干燥方式人参片各项指标进行综合评分, 首先将各指标实验数据进行标准化处理, 计算各指标变异系数采用公式(5):

$$V_i = \frac{\sigma_i}{x_i} \quad (5)$$

式中, V_i , 第 i 项指标的变异系数; σ_i , 第 i 项指标的标准差; x_i , 第 i 项指标的平均值。

计算各指标权重采用公式(6):

$$W_i = \frac{V_i}{\sum_{i=1}^n V_i} \quad (6)$$

式中, W_i , 第 i 项指标的权重。

通过 Z-score 标准化法把各项指标所得的原始数据采用标准化处理, 计算如公式(7):

$$Z_{ij} = \frac{X_{ij} - X_i}{\sigma_i} \quad (7)$$

式中, Z_{ij} , 标准化后的各指标变量值; X_{ij} , 各指标的实际测量值; σ_i , 第 i 项指标的标准差; X_i 平均值。

各评价指标中, 干燥时间、 ΔE 、体积收缩率等值越小越好, 所以需要在标准化后的数据前添加负号, 再分别乘以权重, 总和相加得到不同干燥方式人参片的综合评分。

1.4 数据处理

采用 Microsoft Excel 2016 软件进行常规数据处理, GraphPad Prism 8.0 软件进行作图, SPSS 21.0 进行 t 检验和方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同干燥方式对人参样品外观和色泽的影响

色泽是评价干制品的重要指标之一, 不同干燥方式会影响人参片的色泽, 色度值中 L 越大色泽约明亮, a 、 b 均为正值时, a 越大色泽越红, b 越大色泽越黄, ΔE 越大表明干燥样品与鲜品的色泽差异越大。

由表 1、图 1 可知, 与鲜人参相比, 冻干人参的 L 、 a 、

b 无显著性差异($P>0.05$); 其他干燥方式人参的 L 、 a 、 b 均具显著性差异($P<0.05$); 不同干燥方式人参的 ΔE 有明显差异。表明冻干的人参片最大程度地保留了鲜人参的原有色泽性状, 断面淡黄白色, 与鲜参接近, 样品收缩均匀, 质松多孔, 易折断, 极易粉碎, 外观品质较优; 30°C 和 55°C 烘干干燥的人参断面淡黄色, 与鲜参差异大, 且烘干温度越高, 翘片严重, 质坚实紧密, 难折断, 较难粉碎。阴干和晒干干燥的人参, 断面黄白色, 与鲜参差异大, 翘片明显, 药材内部质地坚实, 不易折断, 难粉碎。

2.2 不同干燥方式对人参片复水比、体积收缩率的影响

体积收缩率和 RR 是衡量干制品感官品质的重要指标。图 2 可知, RR 由大到小排序为: 冻干>晒干>30°C 烘干 = 阴干>55°C 烘干。收缩率不仅会引起样品体积变化, 而且会导致样品形变, 直接影响其感官品质。图 3 可知, 冻干与其他干燥方式人参体积收缩率有显著性差异, 由小到大排序为: 冻干<晒干<阴干<55°C 烘干<30°C 烘干。

冻干的人参样品内水分结冰后升华, 易形成多孔状结构, 收缩率小, 复水性强。55°C 热风干燥温度较高, 人参物料组织严重收缩, 收缩率较大, 复水时水分不易渗入, 复水性最差; 30°C 热风干燥温度较低, 样品内部组织收缩率较大, 复水性较差; 晒干阳光直射, 水分蒸发较快, 破坏了样品的组织结构, 收缩率较小且复水性较强; 阴干方式温度低, 水分蒸发慢, 干燥时间长, 收缩率较大, 复水性能较弱。

表 1 不同干燥方式对人参片色泽的影响
Table 1 Effects of different drying methods on the color of *Panax ginseng* slices

干燥方式	L	a	b	ΔE
冻干	79.72±0.4562 ^a	2.36±0.2689 ^e	12.25±0.1939 ^e	2.009
30°C 烘干	75.91±0.1415 ^d	3.99±0.1127 ^a	16.96±0.0611 ^b	4.385
55°C 烘干	70.93±0.1721 ^f	4.09±0.1400 ^a	17.93±0.0611 ^a	8.587
阴干	76.75±0.1457 ^c	3.07±0.1054 ^b	14.84±0.0721 ^c	2.047
晒干	75.20±0.1415 ^c	3.12±0.1127 ^b	14.92±0.0513 ^c	3.297
鲜品	78.09±0.0557 ^a	2.43±0.4099 ^e	13.49±0.4606 ^c	-

注: -表示无此项; 同一列不同小写字母表示差异显著, $P<0.05$, 下同。



图 1 不同干燥方式人参片的外观性状

Fig.1 Appearances of *Panax ginseng* slices under different drying methods

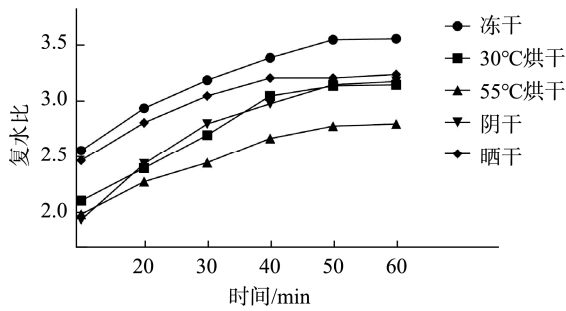


图 2 不同干燥方式对人参片复水比的影响

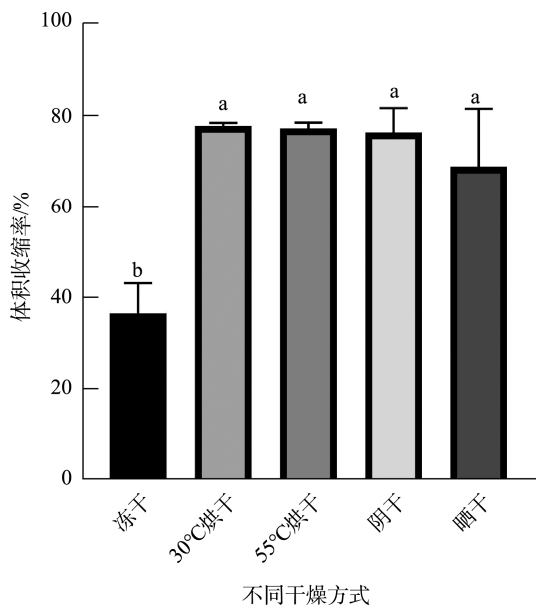
Fig.2 Effects of different drying methods on the rehydration ratio of *Panax ginseng* slices

图 3 不同干燥方式对人参片体积收缩率的影响(n=3)

Fig.3 Effects of different drying methods on the volume shrinkage of *Panax ginseng* slices (n=3)

2.3 不同干燥方式对人参片微观结构的影响

如图 4 所示, 冻干后的人参孔隙均匀, 组织排列规则整齐, 边界清晰与鲜参差异较小; 30°C 和 55°C 加热烘干的人参质地坚硬, 组织结构均发生一定程度的收缩、细胞内部结构塌陷; 晒干的人参其内部多孔结构收缩变形; 阴干后的人参组织结构卷曲现象严重, 排列杂乱, 与鲜参差异较大。分析不同干燥方式的人参因失水方式不同导致内部细胞结构存在差异, 冻干是使物料内部水分处于冰冻状态, 通过抽真空将冰升华为气体而除去, 能够形成多孔网状结构, 可以赋予样品很好的酥脆性, 其他 4 种干燥方式的水分均蒸发为水蒸气除去, 破坏了其内部组织结构, 导致内部结构较致密, 造成物料内部细胞结构破损, 形成塌陷。

2.4 不同干燥方法对人参药材中总皂苷、总黄酮、总糖、浸出物含量及 DPPH 自由基清除率的影响

由表 2 可知, 不同干燥方式的人参其总皂苷含量由大到小为: 阴干>冻干>30°C 烘干>晒干>55°C 烘干, 人参皂苷含量的降低, 主要是由热降解和酶降解导致的^[27]; 总黄酮含量由大到小为: 阴干>冻干>晒干>30°C 烘干>55°C 烘干, 加热处理的时间越长或处理温度越高, 黄酮类物质越容易被氧化成酚类^[28]。阴干和冻干干燥温度较低, 降低了黄酮类含量的损失, 且低温可以抑制酶的活性, 样品内的皂苷类成分不易转化和分解; 晒干、30°C 烘干、55°C 烘干为不同程度的加热干燥, 不利于皂苷和黄酮类成分的保留。

总糖含量由大到小为: 冻干>阴干>30°C 烘干>55°C 烘干>晒干, 30°C 烘干、55°C 烘干因干燥时间长温度高, 发生美拉德反应, 糖分损失较大。晒干样品因药材干燥周期长, 白天暴晒, 入夜后温度下降, 导致药材回潮, 内部淀粉与糖分等分解, 致使总糖含量较低。冻干和阴干干燥温度较低, 总糖含量较高。

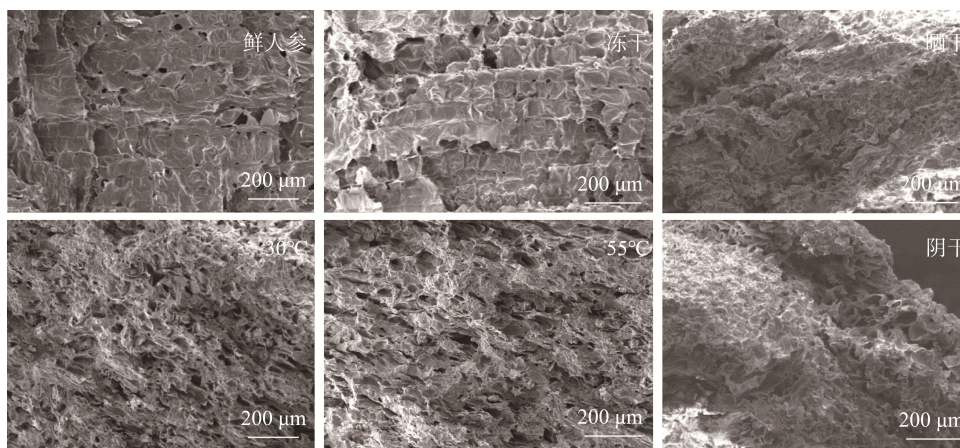


图 4 不同干燥方式人参片扫描电镜图

Fig.4 SEM images of *Panax ginseng* slices prepared by different drying methods

表 2 不同干燥方法的人参片中总皂苷、总黄酮、总糖、浸出物含量、DPPH 自由基清除率
Table 2 Content of total ginsenosides, total flavonoids, total sugars, extracts content, DPPH free radical scavenging rate of *Panax ginseng* slices by different drying methods

干燥方式	总皂苷含量/%	总黄酮含量/%	总糖含量/%	浸出物含量/%	DPPH 自由基清除率/%
冻干	10.03±0.0283 ^{ab}	0.0809±0.0009 ^a	49.28±1.2289 ^a	53.77±0.5039 ^a	86.59±0.2359 ^b
晒干	9.90±0.0707 ^{bc}	0.0722±0.0041 ^a	46.07±1.4767 ^b	54.48±0.5093 ^a	62.73±0.3985 ^d
30°C烘干	9.97±0.0141 ^{bc}	0.0717±0.0004 ^b	48.41±1.3877 ^c	53.85±1.4999 ^a	63.99±0.4619 ^e
55°C烘干	9.65±0.2969 ^c	0.0670±0.0008 ^b	46.57±1.6344 ^b	53.97±0.5023 ^a	44.01±0.1301 ^f
阴干	10.36±0.0566 ^a	0.0862±0.0015 ^b	49.10±0.4419 ^a	54.18±0.0411 ^a	49.77±0.0866 ^e

如图 5 所示, DPPH 自由基清除率由大到小为: 冻干>30°C烘干>晒干>阴干>55°C烘干。研究表明低温或长时间干燥过程中有利于保留与降解相关的过氧化物酶等酶活性^[29], 冻干的人参干燥温度低且时间短, 因此表现出了良好的抗氧化性。

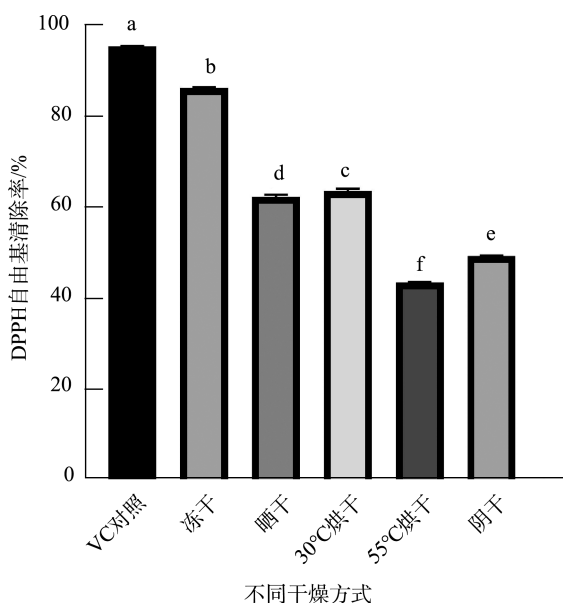


图 5 不同干燥方式人参片的 DPPH 自由基清除率(n=3)
Fig.5 DPPH free radical scavenging rates of *Panax ginseng* slices by different drying methods (n=3)

2.5 不同干燥方式人参片的综合评分

干燥方式是影响中草药质量和药效的关键因素^[30], 本研究采用变异系数法进行综合评分, 分别以干燥时间、 ΔE 、RR、体积收缩率、总皂苷、总黄酮、总糖、浸出物、DPPH 自由基清除率为评价指标, 计算出上述各个指标的平均值、标准差、变异系数和权重, 结果见表 3。其中占比由高到低依次为: 干燥时间> ΔE >DPPH 自由基清除率>体积收缩率>总黄酮>RR>总糖>总皂苷>浸出物。干燥时间、 ΔE 2 个指标的权重较大, 表明这 2 个指标因干燥方式的不同有较大差异。

计算得出不同干燥方式人参片的综合评分见表 4。综合评分由高到低依次是: 冻干>55°C烘干>晒干>30°C烘干>阴干。冻干的人参片品质最优(综合评分: 1.3247), 阴干人参片的品质最差(综合评分: -0.7130)。说明冻干应用于干燥中有利于人参品质的提高, 对提高人参品质有重要意义。

表 3 不同干燥方式下人参片各指标的权重
Table 3 Weights of various indicators *Panax ginseng* slices under different drying methods

评价指标	平均值±标准偏差	变异系数	权重
干燥时间	32.8000±23.3600	0.7122	0.4080
RR	3.1860±0.1712	0.0537	0.0308
体积收缩率	67.8660±12.2744	0.1809	0.1036
总皂苷	9.9820±0.1704	0.0171	0.0098
总黄酮	0.0756±0.0064	0.0841	0.0482
总糖	39.7240±1.1008	0.0277	0.0159
浸出物	54.0480±0.2216	0.0041	0.0023
ΔE	4.0650±1.9366	0.4764	0.2729
DPPH 自由基清除率	61.4180±11.6224	0.1892	0.1084

表 4 不同干燥方式下人参品质评价指标的标准化数据
Table 4 Standardized values of quality evaluation indexes of *Panax ginseng* slices under different drying methods

评价指标	冻干	晒干	30°C烘干	55°C烘干	阴干
干燥时间	0.3982	0.0673	0.2590	0.0047	0.0444
RR	-0.3703	0.0097	-0.0790	-0.0014	-0.0310
体积收缩率	0.2236	-0.0011	-0.0794	0.0099	-0.0668
总皂苷	0.3982	-0.0694	-0.0861	-0.0231	0.0761
总黄酮	-0.6498	-0.0065	-0.0146	0.0099	-0.0227
总糖	0.3982	0.0673	0.2590	0.0047	0.0444
浸出物	-0.3703	0.0097	-0.0790	-0.0014	-0.0310
ΔE	0.2236	-0.0011	-0.0794	0.0099	-0.0668
DPPH 自由基清除率	0.3982	-0.0694	-0.0861	-0.0231	0.0761
综合评分	1.3247	-0.5088	-0.5301	0.4273	-0.7130

3 结 论

本研究基于变异系数法对传统晒干、烘干、阴干和真空冷冻干燥技术干燥的人参的活性成分含量、内部细胞结构和外观性状进行了综合评价,结果表明冻干处理的人参片外观优美,无翘片现象,内部细胞结构完整,且有效成分含量高,但RR高,表明其在贮藏过程中易吸水变潮,故对包装和贮存条件有一定要求,且冻干所需耗能较大,成本较高,不适用于大规模生产;热风干燥处理的人参翘片严重,有效成分略低于冻干,不考虑外观性状且需大批量处理的可优先采用热风干燥集中处理;晒干和阴干干燥时间过长、需要考虑天气的变化,存在不确定性,且其活性成分含量和感官品质低于其他干燥方式,适用于自购人参无设备情况下干燥。故在实际生产过程中优先选择冻干或热风干燥进行加工处理人参,随着对中药材加工新技术、新工艺的不断开发应用,对人参药材干燥的方法将有进一步的创新和提升,来保障人参药材质量、提高运输品质及临床用药安全。

参考文献

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 一部[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020.
National Pharmacopoeia Commission. Chinese Pharmacopoeia: Volume I [M]. Beijing: China Medical Science and Technology Press, 2020.
- [2] 于京华, 岳喜典. 人参的保健功能及其在食品中的应用[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(21): 218–224.
YU JH, YUE XD. Health function of *Panax ginseng* and its application in food [J]. Food Res Dev, 2021, 42(21): 218–224.
- [3] SHAO L, GUO YP, WANG L, et al. Effects of ginsenoside compound K on colitis-associated colorectal cancer and gut microbiota profiles in mice [J]. Ann Trans Med, 2022, 10(7): 408–408.
- [4] CAO YR, LIU B, LI WZ, et al. Protopanaxadiol manipulates gut microbiota to promote bone marrow hematopoiesis and enhance immunity in cyclophosphamide-induced immunosuppression mice [J]. Med Commun, 2023, 4(2): e222.
- [5] JIN G, MA J. Protective effect of ginsenoside Rg1 on isoproterenol-induced acute myocardial ischemia in rats [J]. Int J Clin Exp Med, 2017, 10(2): 4100–4106.
- [6] JIAO LL, LI JM, LIU FR, Chain conformation and antifatigue effect of steamed *Ginseng* polysaccharides with different molecular weight [J]. Front Pharmacol, 2021, 12: 712836.
- [7] LI XL, YIN Q, WANG W, et al. Effect of ginsenoside CK combined with cisplatin on the proliferation and migration of human cervical cancer HeLa cells via Ras/ERK/MAPK pathway [J]. J Funct Foods, 2023, 14: 1070679.
- [8] HUANG JM, LIU D, WANG YW, et al. *Ginseng* polysaccharides alter the gut microbiota and kynurenine/tryptophan ratio, potentiating the antitumour effect of anti-programmed cell death 1/programmed cell death ligand 1 (anti-PD-1/PD-L1) immunotherapy [J]. Gut, 2022, 71(4): 734–745.
- [9] 李小娜, 尹春梅. 抚松县人参产业发展分析[J]. 现代商贸工业, 2022, 43(22): 32–34.
LI XN, YIN CM. Analysis on the development of *ginseng* industry in Fusong [J]. Mod Bus Trade Ind, 2022, 43(22): 32–34.
- [10] 李彦勋, 邹金浩, 郭时印, 等. 不同干燥方式下淮山片理化性质的比较分析[J]. 现代食品科技, 2019, 35(2): 179–185.
LI YX, ZOU JH, GUO SY, et al. Comparative analysis of different drying methods on physicochemical properties of Yam slice [J]. Mod Food Sci Technol, 2019, 35(2): 179–185.
- [11] 施文婷, 莫秋怡, 田甜, 等. 变异系数法-AHP 综合加权结合响应面法优选板蓝根配方颗粒提取工艺[J]. 中国药师, 2022, 25(5): 801–806.
SHI WT, MO QY, TIAN T, et al. Extraction process optimization for *Isatisidis radix formula granules* by variability coefficient method-AHP comprehensive weighting combined with response surface methodology [J]. China Pharm, 2022, 25(5): 801–806.
- [12] 吴建雄, 龚千锋, 于欢, 等. 变异系数法-AHP 综合加权结合正交试验设计优选陈皮炮制工艺[J]. 中药材, 2020, 43(5): 1105–1110.
WU JX, GONG QF, YU H, et al. Processing technology optimization of *Citrus reticulata* based on coefficient of variation method-AHP comprehensive weighting combined with orthogonal experimental design [J]. J Chin Med Mater, 2020, 43(5): 1105–1110.
- [13] MARCIN K, JULITA G. Bioactive compounds, antioxidant activity, and sensory qualities of red-fleshed apples dried by different methods [J]. LWT-Food Sci Technol, 2021, 136: 110302.
- [14] YI JY, ZHOU LY, BI JF, et al. Influences of microwave pre-drying and explosion puffing drying induced cell wall polysaccharide modification on physicochemical properties, texture, microstructure and rehydration of pitaya fruit chips [J]. LWT-Food Sci Technol, 2016, 70: 271–279.
- [15] 张燕青, 崔清亮, 魏庆霞, 等. 不同干燥方式对黄芪感官品质及功能成分的影响[J]. 农产品加工, 2021, (23): 30–34.
ZHANG YQ, CUI QL, WEI QX, et al. Effects of different drying methods on sensory quality and functional components of *Astragalus* [J]. Farm Prod Process, 2021, (23): 30–34.
- [16] CHEN XT, MAO XH, JIANG QQ, et al. Study on the physicochemical properties and *in vitro* digestibility of starch from yam with different drying methods [J]. Int J Food Sci Technol, 2016, 51(8): 1787–1792.
- [17] 卫志娇, 朱文学, 白喜婷, 等. 基于低场核磁和电镜扫描法对热风干燥花生仁的水分状态研究[J]. 中国粮油学报, 2022, 37(11): 8.
WEI ZJ, ZHU WX, BAI XT, et al. Study on moisture state of peanut kernel dried by hot air based on low field NMR and SEM [J]. J Chin Cere Oils Ass, 2022, 37(11): 8.
- [18] 王维坚, 侯丽丽, 陈洪海. 人参总皂苷提取工艺研究[J]. 食品安全导刊, 2018, (27): 169–170, 177.
WANG WJ, HOU LL, CHEN HH. Study on extraction technology of total ginsenosides [J]. Chin Food Saf Magaz, 2018, (27): 169–170, 177.
- [19] 薛宇彤, 郑锦秀, 邵莹, 等. 山楂叶总黄酮含量测定及抗氧化活性研究[J]. 包头医学院学报, 2023, 39(1): 18–22.
XUE YT, ZHENG JX, SHAO Y, et al. Determination of the total flavonoid content in hawthorn leaves and its antioxidant activity [J]. J Baotou Med Coll, 2023, 39(1): 18–22.

- [20] 权春梅. 芍花提取物总黄酮含量测定的研究[J]. 文山学院学报, 2022, 35(5): 13–16.
QUAN CM. A research of total flavone content in the extract of the peony flower [J]. J Wenshan Univ, 2022, 35(5): 13–16.
- [21] 王翠竹, 张楠淇, 王振洲, 等. 林下参片中总糖、还原糖及糖醛酸的含量测定[J]. 特产研究, 2016, 38(3): 54–57.
WANG CZ, ZHANG NQ, WANG ZZ, *et al.* Determination of total sugar, reducing sugar and uronic acids in Linxiashen tablets [J]. Spec Wild Econ Anim Plant Res, 2016, 38(3): 54–57.
- [22] 吴琼, 刘奕, 吴庆园, 等. 不同干燥方式对葛根全粉抗氧化性能和香气成分的影响[J]. 食品科学, 2017, 38(6): 202–208.
WU Q, LIU Y, WU QY, *et al.* Effect of different drying methods on the antioxidant properties and aromatic composition of whole flour from *Pueraria lobata* roots [J]. Food Sci, 2017, 38(6): 202–208.
- [23] 刘俊泽, 朱德龙, 王仁广, 等. 超声波法提取淡豆豉总黄酮工艺优化及抗氧化活性研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2022, 13(7): 2176–2183.
LIU JZ, ZHU DL, WANG RG, *et al.* Study on optimization of ultrasonic extraction process and antioxidant activity of total flavonoids from *Sojae semen praeparatum* [J]. J Food Saf Qual, 2022, 13(7): 2176–2183.
- [24] 刘盼盼, 任广跃, 段续, 等. 基于变异系数法对不同干燥方式白萝卜品质及风味的评价[J]. 食品与发酵工业, 2022, 48(13): 218–226.
LIU PP, REN GY, DUAN X, *et al.* The evaluation of the quality and flavor of dried white radish by different drying methods based on coefficient of variation [J]. Food Ferment Ind, 2022, 48(13): 218–226.
- [25] 任广跃, 刘亚男, 乔小全, 等. 基于变异系数权重法对怀山药干燥全粉品质的评价[J]. 食品科学, 2017, 38(1): 53–59.
REN GY, LIU YN, QIAO XQ, *et al.* Quality evaluation of Chinese yam drying powder based on variation coefficient weight [J]. Food Sci, 2017, 38(1): 53–59.
- [26] 任贵平, 王晓雨, 程竹林, 等. 基于变异系数法对不同温度干燥枸杞品质的评价[J]. 现代食品科技, 2022, 38(12): 264–271.
REN GP, WANG XY, CHENG ZL, *et al.* Evaluation of the quality of wolfberry dried at different temperatures based on the coefficient of variation method [J]. Mod Food Sci Technol, 2022, 38(12): 264–271.
- [27] 赖文, 杨利民, 韩佳宏, 等. 不同干燥方法对林下参品质的影响[J]. 中国野生植物资源, 2023, 42(2): 62–68.
LAI W, YANG LP, HAN JH, *et al.* Effects of different drying methods on the quality of *Panax ginseng* in forest [J]. Chin Wild Plant Resour, 2023, 42(2): 62–68.
- [28] 黄小丹, 吴银秀, 林刚云, 等. 不同干燥方式对桑椹活性成分含量的影响[J]. 广西蚕业, 2020, 57(1): 32–36.
HUANG XD, WU XY, LIN GY, *et al.* Effect of different drying methods on the content of active components in mulberry [J]. Guangxi Seric, 2020, 57(1): 32–36.
- [29] 曹珍珍, 周林燕, 毕金峰, 等. 干燥方式对辣椒中活性物质含量和抗氧化能力的影响[J]. 中国食品学报, 2017, 17(2): 173–181.
CAO ZZ, ZHOU LY, BI JF, *et al.* Effect of drying technologies on the anti-oxidative substance and antioxidant capacity of red pepper [J]. J Chin Inst Food Sci Technol, 2017, 17(2): 173–181.
- [30] 巨浩羽, 赵士豪, 赵海燕, 等. 中草药干燥加工现状及发展趋势[J]. 南京中医药大学学报, 2021, 37(5): 786–796.
JU HY, ZHAO SH, ZHAO HY, *et al.* Present situation and developing trend on drying of Chinese herbs [J]. J Nanjing Univ Tradit Chin Med, 2021, 37(5): 786–796.

(责任编辑: 于梦娇 郑 丽)

作者简介



孟灵旭, 硕士研究生, 主要研究方向为中药炮制关键技术及科学内涵研究。
E-mail: 1648639932@qq.com



张啸环, 硕士, 教授, 主要研究方向为中药炮制关键技术及科学内涵研究。
E-mail: 619787310@qq.com