前胡药材产地干燥加工方法研究Δ

谭鹏昊[1*]，程育希[1]，郭冬琴[2]，周　浓[3#]（1.重庆三峡职业学院农林科技学院，重庆　400155；2.重庆三峡医药高等专科学校药学院，重庆　404120；3.重庆三峡学院生物与食品工程学院，重庆　404120）

中图分类号　R917；R283　　**文献标志码**　A　　**文章编号**　1001-0408（2024）15-1844-05
DOI　10.6039/j.issn.1001-0408.2024.15.08

摘　要　目的　比较产地不同干燥加工方法对前胡药材质量的影响，筛选其最佳产地干燥加工方法。**方法**　分别采用传统晒干、自然阴干和电热恒温鼓风干燥、真空干燥、红外干燥和真空冷冻干燥等干燥加工方法对前胡药材进行处理，以折干率、含水量、浸出物含量、颜色色度值以及4种香豆素类成分含量为指标，采用逼近理想解排序法进行综合质量评价。**结果**　不同干燥加工方法下，12份前胡药材样品的折干率为31.56%～40.10%，含水量为6.96%～8.58%，浸出物含量为27.56%～43.10%，红绿度值为1.80～7.50，黄蓝度值为19.90～30.20，明度值为46.90～59.90；伞形花内酯、白花前胡甲素、白花前胡乙素、白花前胡E素的含量分别为≤0.05、3.70～14.05、0.72～2.37、0.81～3.90 mg/g，总含量为5.47～19.65 mg/g；40 ℃电热恒温鼓风干燥下的前胡药材综合得分最高。**结论**　40 ℃电热恒温鼓风干燥是前胡药材最佳的产地干燥加工方法。

关键词　前胡；产地干燥加工；颜色色度值；浸出物；香豆素类成分；折干率；含水量

Study on the drying processing methods of *Peucedanum praeruptorum* in producing area

TAN Penghao[1], CHENG Yuxi[1], GUO Dongqin[2], ZHOU Nong[3]（1. College of Agriculture and Forestry Science, Chongqing Three Gorges Vocational College, Chongqing 400155, China; 2. College of Pharmacy, Chongqing Three Gorges Medical College, Chongqing 404120, China; 3. College of Biology and Food Engineering, Chongqing Three Gorges University, Chongqing 404120, China）

ABSTRACT　OBJECTIVE To compare the effects of different drying processing methods in the producing area on the quality of *Peucedanum praeruptorum*, and screen the optimal drying processing in the producing area. **METHODS** *P. praeruptorum* was processed by traditional drying in the sun, drying in the shade, and modern drying processing methods such as electric heating and blast drying, vacuum drying, infrared drying, and vacuum freeze drying. Technique for order preference by similarity to ideal solution (TOPSIS) method was used to perform the comprehensive quality evaluation using drying rate, water content, extract content, color chroma value, and the contents of 4 coumarins as indexes. **RESULTS** Under different drying processing methods, the drying rates of 12 samples of *P. praeruptorum* were 31.56%-40.10%; the moisture contents were 6.96%-8.58%, and the extract contents were 27.56%-43.10%; the color chroma values red green degree, yellow blue degree and brightness were 1.80-7.50, 19.90-30.20, 46.90-59.90, respectively. The contents of umbelliferolactone, praeruptorin A, praeruptorin B and praeruptorin E were ≤ 0.05, 3.70-14.05, 0.72-2.37, 0.81-3.90 mg/g, respectively; and the total contents were 5.47-19.65 mg/g. The comprehensive score of *P. praeruptorum* was the highest under the condition of drying at 40 ℃ by electric heating and blast. **CONCLUSIONS** The drying method at 40 ℃ by electric heating and blast is the first choice for *P. praeruptorum* in the producing area.

KEYWORDS　*Peucedanum praeruptorum*; drying processing in producing area; color chroma values; extracts; coumarins; drying rate; water content

前胡为伞形科植物白花前胡 *Peucedanum praeruptorum* Dunn的干燥根，其味苦、辛，微寒，归肺经，具有降气化痰、散风清热之功效，常用于治疗痰热喘满、风热咳嗽等症[1]。前胡始载于陶弘景的《名医别录》，是我国传统中药材之一，其种植资源丰富、产地众多，主产区主要有安徽、湖北、浙江、贵州、重庆等地[2]，产量较高。现代研究表明，前胡主要含有香豆素类和挥发油等成分，具有抗心肌缺血、抗心衰、扩血管和抑菌等药理作用[3]。前胡中常见的香豆素类成分主要包括伞形花内酯、白花前胡甲素、白花前胡乙素、白花前胡丙素、白花前胡丁素和白花前胡E素[4]。

Δ **基金项目**　重庆市教育委员会科学技术研究项目（No. KJQN202303512）

＊**第一作者**　高级实验师，硕士。研究方向：生物技术与农产品加工技术。E-mail：303181385@qq.com

\# **通信作者**　教授，博士。研究方向：中药炮制与资源。E-mail：erhaizn@126.com

干燥是中药材生产过程中的基本环节，也是影响药材质量的关键环节。近年来，在中药材产地趁鲜加工的政策背景下，现代产地干燥技术应运而生，主要有平衡脱水干燥、热风干燥、微波干燥、红外干燥以及联用技术干燥等，不同干燥加工方法可直接影响中药材的质量[5]。2020年版《中国药典》（一部）规定："前胡于冬季至次春茎叶枯萎或未抽花茎时采挖，除去须根，洗净，晒干或低温干燥"。但冬季我国的大部分地区阳光不足、气温较低，若采用传统晒干方法加工，前胡易霉变、颜色发黑，而低温干燥又未明确具体的干燥设备和温度范围，故亟待探寻适宜的前胡干燥加工方法。虽然目前已有研究考察了不同温度对前胡中香豆素类成分的影响，但其干燥方式和评价指标单一[6-7]，不能全面评价前胡的质量。基于此，本研究采用高效液相色谱（high performance liquid chromatography，HPLC）法测定了前胡药材中伞形花内酯、白花前胡甲素、白花前胡乙素、白花前胡E素的含量，同时结合粉末颜色、浸出物等指标，采用相关性分析和逼近理想解排序（technique for order prefe- rence by similarity to ideal solution，TOPSIS）法综合评价不同干燥加工方法对其质量的影响，旨在为前胡的产地干燥加工提供参考。

1 材料

1.1 主要仪器

本研究所用的主要仪器包括Agilent 1260型HPLC仪（美国Agilent公司），QUINTIX313-1CN型万分之一电子天平（德国Sartorius公司），DZF-6053型真空干燥箱、BPG-9240A型精密电热鼓风干燥箱（上海一恒科技有限公司），WS70-1型红外线干燥箱（杭州齐威仪器有限公司），YTLG-10A型台式真空冷冻干燥机（上海叶拓科技有限公司），KH5200DV型超声波清洗机（昆山禾创超声仪器有限公司），DZKW-S-6型电热恒温水浴锅（北京市永光明医疗仪器有限公司），Sigma4-16S型高速离心机（德国Sigma公司）。

1.2 主要药品与试剂

白花前胡甲素对照品（批号DST160910-020，纯度≥98%）、白花前胡乙素对照品（批号DST170103-021，纯度≥98%）均购自成都德思特生物技术有限公司；伞形花内酯对照品（批号PS1412-0100MG，纯度≥98%）、白花前胡E素对照品（批号PS001175，纯度≥98%）均购自成都普思生物科技股份有限公司；乙醇、甲醇为色谱纯，其他试剂均为分析纯，水为纯化水。

新鲜前胡药材于2022年12月上旬采自重庆市万州区响水镇万民村重庆菁蕾农业股份合作社规范化栽培基地，经重庆三峡学院生物与食品工程学院周浓教授鉴定为伞形科植物白花前胡*P. praeruptorum* Dunn的根。

2 方法与结果

2.1 样品的不同产地干燥加工方法及其折干率测定

将新鲜前胡药材随机分为12份，每份取约1 kg，精密称定，然后按表1中的干燥加工方法干燥（所得样品的编号为Q1～Q12）。干燥完成后，取前胡药材称定质量，并按以下公式计算折干率：折干率＝干燥后样品质量/新鲜样品质量×100%。每份样品测定3次。结果（表1）显示，不同干燥方法下，12份样品的折干率为31.56%～40.10%。其中，以40 ℃真空干燥方式下样品的折干率最高，60 ℃电热恒温鼓风干燥方式下样品的折干率最低；且与传统晒干相比，40 ℃真空干燥和自然阴干能更好地减少干物质损失。

2.2 水分测定

取干燥后的前胡药材，切片，粉碎，过三号筛，装入洁净透明的自封袋中，备用。按2020年版《中国药典》（四部）通则"0832第二法"测定前胡药材的含水量，每份样品测定3次。结果（表1）显示，不同干燥方法下，12份样品的含水量为6.96%～8.58%，各样品间含水量差异不大；相同干燥方法下，随着温度的升高，样品的含水量略有下降，但均符合《中国药典》中不得过12.0%的规定。

表1 不同干燥加工方法下前胡药材的折干率、含水量和浸出物含量测定结果（$\bar{x}\pm s$，$n=3$，%）

编号	干燥加工方法	折干率	含水量	浸出物含量
Q1	电热恒温鼓风干燥：干燥温度为40 ℃，定期翻动、检查	35.44±0.78	7.70±0.07	41.82±0.89
Q2	电热恒温鼓风干燥：干燥温度为50 ℃，定期翻动、检查	32.05±0.57	7.96±0.12	36.09±0.30
Q3	电热恒温鼓风干燥：干燥温度为60 ℃，定期翻动、检查	31.56±0.39	7.45±0.18	27.56±0.47
Q4	真空干燥：真空度为0.07 MPa，干燥温度为40 ℃	40.10±0.84	8.54±0.09	43.10±0.58
Q5	真空干燥：真空度为0.07 MPa，干燥温度为50 ℃	35.06±0.76	8.58±0.11	37.40±0.33
Q6	真空干燥：真空度为0.07 MPa，干燥温度为60 ℃	32.64±0.28	7.89±0.20	33.99±0.42
Q7	红外干燥：干燥温度为40 ℃，定期翻动、检查	32.31±0.50	8.42±0.15	38.10±0.82
Q8	红外干燥：干燥温度为50 ℃，定期翻动、检查	32.44±0.96	7.94±0.03	32.96±0.74
Q9	红外干燥：干燥温度为60 ℃，定期翻动、检查	32.10±0.67	6.96±0.07	31.31±0.64
Q10	自然阴干：将药材置于阴凉通风处，头、尾理顺摆单层，定期翻动、检查，防止发霉，自然阴干	39.22±0.46	7.98±0.15	40.59±1.02
Q11	传统晒干：将药材置于阳光下，头、尾理顺摆单层，晚上用篷布覆盖，防止受冻，定期翻动、检查	37.37±0.55	8.10±0.12	42.52±0.92
Q12	真空冷冻干燥：样品经预冻结、速冻后，置于干燥冻干箱中，设置真空度为0.05 MPa、加热温度为35 ℃、冷阱温度为－50 ℃	35.31±0.61	8.40±0.22	34.33±0.46

2.3 浸出物含量测定

按2020年版《中国药典》(四部)通则“2201”项下“醇溶性浸出物测定法”中的冷浸法测定前胡药材的浸出物含量,以50%乙醇为溶剂,每份样品测定3次。结果(表1)显示,不同干燥方法下,12份样品的浸出物含量为27.56%～43.10%,各样品间浸出物含量差异较大;相同干燥方法下,随着温度的升高,样品中浸出物含量急剧下降,但均符合《中国药典》中不得少于20.0%的规定。

2.4 前胡药材粉末的颜色测定

取前胡药材粉末,按照文献[8]方法测定其颜色色度值,每份样品测定3次。结果(表2)显示,12份样品的红绿度(a)值为1.80～7.50,黄蓝度(b)值为19.90～30.20,明度(L)值为46.90～59.90。其中,以Q12样品的L值最高,a、b值最低;Q5样品的L值最低,a、b值最高。这表明经真空冷冻干燥后,前胡药材颜色最白、最亮;经50 ℃真空干燥后样品的颜色偏红棕、偏暗,与肉眼观察颜色一致;其余加工方法下前胡药材的颜色与传统晒干相比差异不明显。

表2 不同干燥加工方法下前胡药材的颜色色度值($\bar{x}\pm s$,$n=3$)

编号	a	b	L	编号	a	b	L
Q1	3.60±0.08	23.00±0.17	55.40±1.12	Q7	3.10±0.06	20.30±0.46	54.50±0.88
Q2	2.70±0.01	21.10±0.25	53.90±0.98	Q8	2.80±0.01	20.30±0.53	51.60±1.06
Q3	3.00±0.06	20.60±0.29	56.70±1.33	Q9	2.90±0.02	21.00±0.49	54.70±1.24
Q4	6.60±0.05	29.70±0.42	51.00±1.45	Q10	3.90±0.07	23.40±0.28	54.90±1.37
Q5	7.50±0.07	30.20±0.38	46.90±1.28	Q11	3.60±0.04	24.70±0.33	56.20±0.92
Q6	5.20±0.10	26.30±0.50	50.30±1.40	Q12	1.80±0.01	19.90±0.38	59.90±0.76

2.5 香豆素类成分的含量测定

2.5.1 色谱条件

采用Diamonsil C_{18}(2)色谱柱(250 mm×4.6 mm,5 μm),以甲醇(A)-水(B)为流动相进行梯度洗脱(0～20 min,30%A→80%A;20～40 min,80%A;40～40.1 min,80%A→30%A);流速为0.8 mL/min;进样量为10 μL;柱温为35 ℃;检测波长为321 nm。

2.5.2 混合对照品溶液的制备

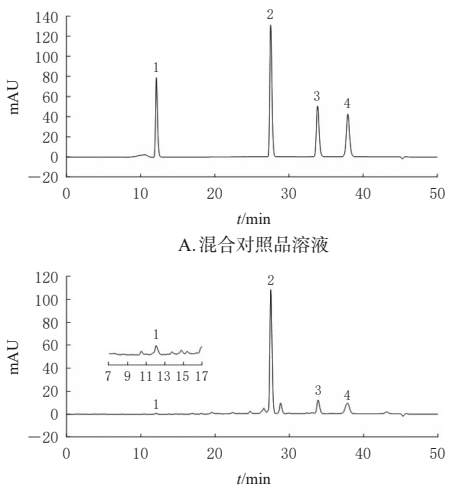
分别精密称取伞形花内酯、白花前胡甲素、白花前胡乙素、白花前胡E素对照品适量,用甲醇溶解,制成上述4种成分质量浓度分别为1.036 8、1.013 9、1.082 0、1.001 6 mg/mL的单一对照品储备液。分别取上述各单一对照品储备液0.05、0.50、0.25、0.50 mL,置于5 mL容量瓶中,用甲醇定容,摇匀,制成上述4种成分质量浓度分别为10.368、101.390、54.100、100.160 μg/mL的混合对照品溶液。

2.5.3 供试品溶液的制备

取样品粉末(过三号筛)0.5 g,精密称定,置于具塞锥形瓶中,加三氯甲烷25 mL混匀,密塞,称定质量,于室温下超声(功率250 W,频率33 kHz)提取20 min,放冷,再次称定质量,用三氯甲烷补足减少的质量,摇匀滤过。取续滤液2 mL,于40 ℃水浴下氮吹至三氯甲烷近干,加甲醇5 mL复溶,再经0.22 μm微孔滤膜滤过,即得。

2.5.4 系统适用性试验

取上述混合对照品溶液、供试品溶液适量,按“2.5.1”项下色谱条件进样测定,记录色谱图。结果显示,各成分峰形尖锐且对称,以白花前胡甲素计理论板数均大于5 000,各待测成分峰与相邻峰间的分离度均大于1.5,详见图1。



A.混合对照品溶液

B.供试品溶液(编号Q1)

1:伞形花内酯;2:白花前胡甲素;3:白花前胡乙素;4:白花前胡E素。

图1 混合对照品溶液、供试品溶液的HPLC图

2.5.5 线性关系及检测限、定量限考察

分别取“2.5.2”项下混合对照品溶液0.1、0.2、0.4、0.8、1.6 mL,置于2 mL容量瓶中,用甲醇定容,摇匀,制得系列混合对照品稀释液。分别取上述系列稀释液及“2.5.2”项下混合对照品溶液,按“2.5.1”项下色谱条件进样测定,以待测成分的质量浓度为横坐标(X)、峰面积为纵坐标(Y)进行线性回归。以信噪比为3计算检测限,信噪比为10计算定量限。结果见表3。

表3 4种香豆素类成分的线性范围、检测限、定量限考察结果(μg/mL)

待测成分	回归方程	r	线性范围	检测限	定量限
伞形花内酯	Y=70.571 6X−1.733 0	0.999 9	0.518～10.368	0.040	0.133
白花前胡甲素	Y=26.541 4X−2.291 1	0.999 9	5.070～101.390	0.116	0.387
白花前胡乙素	Y=24.143 3X−1.110 7	0.999 9	2.705～54.100	0.162	0.541
白花前胡E素	Y=12.455 6X−0.730 0	0.999 9	5.008～100.160	0.375	1.252

2.5.6 精密度试验

取“2.5.5”项下混合对照品稀释液(伞形花内酯、白

花前胡甲素、白花前胡乙素和白花前胡E素的质量浓度分别为2.074、20.278、10.820、20.032 μg/mL），按“2.5.1”项下色谱条件连续进样测定6次，记录峰面积。结果显示，伞形花内酯等4种成分峰面积的RSD均小于1.0%（n=6），表明仪器精密度良好。

2.5.7　重复性试验

精密称取样品（编号Q1）0.5 g，共6份，按“2.5.3”项下方法制备供试品溶液，再按“2.5.1”项下色谱条件进样测定，记录峰面积并按标准曲线法计算样品含量。结果显示，伞形花内酯等4种成分含量的RSD均小于3.0%（n=6），表明该方法重复性良好。

2.5.8　稳定性试验

取“2.5.3”项下供试品溶液（编号Q1），分别于室温下放置0、2、4、8、16、24 h时，按“2.5.1”项下色谱条件进样测定，记录峰面积。结果显示，伞形花内酯等4种成分峰面积的RSD均小于3.0%（n=6），表明供试品溶液在室温下放置24 h内稳定性良好。

2.5.9　加样回收率试验

称取已知含量的样品（编号Q1）0.25 g，共6份，分别按照已知成分含量1∶1的比例加入“2.5.2”项下各单一对照品储备液适量，按“2.5.3”项下方法制备供试品溶液，再按“2.5.1”项下色谱条件进样测定，记录峰面积并计算加样回收率。结果显示，伞形花内酯等4种成分的平均加样回收率为97.26%～103.57%，RSD为1.26%～2.88%（n=6），表明该方法的准确度较好。

2.5.10　样品含量测定

取12份前胡药材样品，按“2.5.3”项下方法制备供试品溶液，再按“2.5.1”项下色谱条件进样测定，记录峰面积并按标准曲线法计算样品含量，每份样品平行操作3次。结果见表4。

表4　12份前胡药材中伞形花内酯等4种成分的含量测定结果（$\bar{x}\pm s$，n=3，mg/g）

编号	伞形花内酯	白花前胡甲素	白花前胡乙素	白花前胡E素	总含量
Q1	0.04±0.00	12.93±0.12	2.37±0.05	3.90±0.07	19.24±0.52
Q2	－	11.77±0.19	1.64±0.03	2.41±0.10	15.82±0.43
Q3	－	6.64±0.07	1.07±0.01	1.38±0.02	9.09±0.22
Q4	0.05±0.00	14.05±0.06	2.37±0.04	3.18±0.10	19.65±0.47
Q5	－	9.32±0.10	1.72±0.00	2.22±0.06	13.26±0.38
Q6	－	7.90±0.11	0.95±0.00	1.36±0.04	10.21±0.18
Q7	－	8.73±0.17	0.85±0.00	1.43±0.07	11.01±0.30
Q8	－	7.39±0.09	0.97±0.01	1.20±0.05	9.56±0.25
Q9	－	3.70±0.05	0.96±0.02	0.81±0.03	5.47±0.10
Q10	0.03±0.00	8.33±0.13	0.72±0.01	1.27±0.01	10.35±0.34
Q11	0.02±0.00	10.95±0.08	0.84±0.01	1.75±0.02	13.56±0.37
Q12	0.03±0.00	8.42±0.17	1.29±0.04	1.79±0.03	11.53±0.28

－：低于检测限。

2.6　不同干燥加工方法下前胡药材的综合质量评价

参照文献[9]方法，通过SPSSPRO（Scientific Platform Serving for Statistics Professional）在线分析平台对12份前胡药材样品中的各指标结果进行TOPSIS分析。结果（表5）显示，样品Q1和Q4的综合得分较最高，样品Q8的综合得分最低。结果表明，在40 ℃电热恒温鼓风干燥和40 ℃真空干燥下，所得样品质量最佳。

表5　12份前胡药材的综合质量评价结果

编号	正理想解距离（D^+）	负理想解距离（D^-）	综合得分	排名
Q1	0.294	0.802	0.732	1
Q4	0.348	0.902	0.721	2
Q10	0.602	0.554	0.479	3
Q11	0.584	0.516	0.469	4
Q12	0.608	0.417	0.407	5
Q2	0.718	0.425	0.372	6
Q5	0.719	0.404	0.360	7
Q9	0.873	0.361	0.293	8
Q3	0.842	0.284	0.252	9
Q6	0.818	0.242	0.228	10
Q7	0.845	0.247	0.226	11
Q8	0.831	0.219	0.208	12

3　讨论

3.1　定量分析指标的选择及其含量测定结果分析

2020年版《中国药典》（一部）以白花前胡甲素含量（≥0.90%，即≥9.0 mg/g）、白花前胡乙素（≥0.24%，即≥2.4 mg/g）作为判断前胡药材质量是否达标的重要指标[1]。本课题组前期研究发现，白花前胡乙素与白花前胡丁素、白花前胡丙素与白花前胡E素互为同分异构体，在HPLC仪上无法很好地分离，故本研究将其合并计算。本研究中，除了选取《中国药典》规定的白花前胡甲素和白花前胡乙素作为定量指标，还选择了香豆素类化合物的母核物质伞形花内酯以及含量较高的白花前胡E素作为评价指标。含量测定结果显示，伞形花内酯、白花前胡甲素、白花前胡乙素、白花前胡E素的含量分别为≤0.05、3.70～14.05、0.72～2.37、0.81～3.90 mg/g，总含量为5.47～19.65 mg/g。与2020年版《中国药典》比较后发现，12份前胡药材中仅样品Q1～Q2、Q4～Q5、Q11的白花前胡甲素含量合格，白花前胡乙素含量均不合格（除样品Q1、Q4接近《中国药典》规定外，其余样品相差较大）。这表明与传统晒干相比，采用40 ℃电热恒温鼓风干燥（编号Q1）和40 ℃真空干燥（编号Q4）时，前胡药材中的香豆素类成分损失较少。不同干燥方法下前胡药材中香豆素类成分的平均总含量从高到低依次为：电热恒温鼓风干燥＞真空干燥＞传统晒干＞真空冷冻干燥＞自然阴干＞红外干燥。其中，60 ℃红外干燥下样品中香豆素类成分损失最大，此时香豆素类成分的总

含量仅为40 ℃真空干燥时的28%；相同干燥方法下，均存在随着温度的升高，样品中香豆素类成分含量减少的现象。这可能与香豆素类成分易受温度[6]、光照[10]影响有关。

3.2 前胡药材干燥加工方法选择的建议

干燥加工方法是影响药材外观性状及质量的重要因素，40 ℃电热恒温鼓风干燥、40 ℃真空干燥、自然阴干、传统晒干、真空冷冻干燥是较为适宜的干燥加工方法。虽然自然阴干、传统晒干能在一定程度上保证药材有效成分含量，但天气也可能会对药材的外观性状、颜色造成影响，且耗时长，不符合现代干燥加工要求。40 ℃电热恒温鼓风干燥和40 ℃真空干燥加工所得药材的折干率、浸出物含量和颜色与传统晒干所得药材最为接近，且香豆素类成分含量较高，可作为前胡药材产地加工的有效干燥方法。电热恒温鼓风干燥相对于真空干燥，其设备简单、操作方便、成本较低，更适合用于前胡药材的产地规模化加工；而真空干燥、真空冷冻干燥更适合用于实验室研究。

综上所述，40 ℃电热恒温鼓风干燥是前胡药材最佳的产地干燥加工方法。

参考文献

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典：一部[M]. 2020年版. 北京：中国医药科技出版社，2020：277.
National Pharmacopoeia Commission. Pharmacopoeia of the People's Republic of China：part Ⅰ[M].2020 edition. Beijing：China Medical Science and Technology Press，2020：277.

[2] SHI T T，ZHANG X B，ZHANG K，et al. Study of extracting *Peucedanum praeruptorum* planted area in Ningguo of Anhui province based on multi-source and multi-phase image[J]. China J Chin Mater Med，2017，42(22)：4362-4367.

[3] 杜伦静，宋宁宁，李筱姣，等. 白花前胡有效活性成分影响因素研究进展[J]. 南方农业，2022，16(19)：148-152.
DU L J，SONG N N，LI X J，et al. Research progress on influencing factors of effective active components of *Peucedanum praeruptorum*[J]. South China Agric，2022，16(19)：148-152.

[4] 王帅，石燕红，王瑞，等. 中药前胡中香豆素类化学成分及其分析方法、药理作用研究进展[J]. 上海中医药杂志，2022，56(9)：89-99.
WANG S，SHI Y H，WANG R，et al. Advances in chemical compositions，analytical methods and pharmacological effects of coumarins in Peucedani Radix[J]. Shanghai J Tradit Chin Med，2022，56(9)：89-99.

[5] 荔淑楠，王引权，马丽丽，等. 不同干燥方式对当归性状、显微形态、活性成分含量和抗氧化物酶活性的影响[J]. 天然产物研究与开发，2020，32(8)：1396-1404，1342.
LI S N，WANG Y Q，MA L L，et al. Appearance characters，micromorphology，active component content and antioxidant enzyme activity of *Angelica sinensis* under different drying methods[J]. Nat Prod Res Dev，2020，32(8)：1396-1404，1342.

[6] 邱晓霞，张玲，岳婧怡，等. 宁前胡中3种香豆素含量影响因素的考察[J]. 中药材，2016，39(4)：713-716.
QIU X X，ZHANG L，YUE J Y，et al. Investigation on influencing factors of three coumarins in Peucedani Radix[J]. J Chin Med Mater，2016，39(4)：713-716.

[7] 任江剑，孙健，俞旭平，等. 不同产地加工方法对前胡药材品质的影响[J]. 中国现代中药，2021，23(5)：844-848.
REN J J，SUN J，YU X P，et al. Effects of different habitat processing methods on quality of Peucedani Radix[J]. Mod Chin Med，2021，23(5)：844-848.

[8] 朱兴龙，陈晓妍，晏宇杭，等. 不同干燥加工方式的白芷饮片质量评价[J]. 中国药房，2022，33(24)：2985-2989.
ZHU X L，CHEN X Y，YAN Y H，et al. Quality evaluation of *Angelica dahurica* decoction pieces processed by different drying methods[J]. China Pharm，2022，33(24)：2985-2989.

[9] 李小兰，高欣缘，孙杰，等. 基于HPLC结合化学计量学研究黄芪茎叶的最适采收期[J]. 食品工业科技，2024，45(4)：229-237.
LI X L，GAO X Y，SUN J，et al. Study on the optimal harvest time of stems and leaves of *Astragalus membranaceus* based on HPLC and chemometrics[J]. Sci Technol Food Ind，2024，45(4)：229-237.

[10] 潘佳星，刘宇文，伍勋，等. 前胡药材中香豆素类成分稳定性考察[J]. 中国药师，2021，24(3)：583-586.
PAN J X，LIU Y W，WU X，et al. Study on the stability of coumarin components in Peucedani Radix[J]. China Pharm，2021，24(3)：583-586.

（收稿日期：2024-01-28　修回日期：2024-06-03）
（编辑：陈　宏）