不同加工方式对菊花中三种活性成分及总灰分的影响

马灵珍[1,2],武兴梅[1,2],李月侠[4],陆兔林[3*]

[1]安徽省中医药科学院亳州中医药研究所;[2]亳州职业技术学院药学院,亳州 236800;
[3]南京中医药大学药学院,南京 210046;[4]亳州市永刚饮片厂有限公司,亳州 236800

摘　要:通过对不同干燥方法加工后的菊花进行绿原酸等三种活性成分及总灰分测定,并以此作为筛选菊花处理方法的基础,以得到最佳的菊花加工方式。首先采用晒干法、烘干法、传统阴干法、蒸后再烘法、蒸后再晒法五种干燥方法加工同一批新鲜的菊花,再采用高效液相色谱法(high performance liquid chromatography,HPLC)对五种不同干燥方式所获得的菊花样品进行了绿原酸、木犀草苷和3,5-*O*-二咖啡酰基奎宁酸的含量进行分析,并《中华人民共和国药典》相关规定对菊花进行总灰分的测定。结果显示,在五种不同干燥方法下,菊花总灰分含量为5.26% ~6.85%。绿原酸含量为2 385.15 ~3 783.96 μg/g,木犀草苷含量为84.74 ~618.92 μg/g,3,5-*O*-二咖啡酰基奎宁酸的含量为3 359.78 ~5 438.49 μg/g。其中烘干法干燥所得的菊花的总含量最高,其次为阴干法、蒸后再烘法、晒干法、蒸后再晒法;晒干法干燥所得的菊花的总灰分含量最高,其次为阴干法、蒸后再晒法、烘干法、蒸后再烘法。

关键词:菊花;加工工艺;总灰分;含量测定;高效液相色谱法

中图分类号:R284.2　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1001-6880(2024)Suppl-0059-08

DOI:10.16333/j.1001-6880.2024.S.009

Effect of different processing methods on the content of three active ingredient and total ash of Chrysanthemi Flos

MA Ling-zhen[1,2],WU Xing-mei[1,2],LI Yue-xia[4],LU Tu-lin[3*]

[1]*Bozhou Institute of Traditional Chinese Medicine,Anhui University of Traditional Chinese Medicine*;
[2]*School of Pharmacy,Bozhou Vocational and Technical College,Bozhou 236800,China*;
[3]*School of Pharmacy,Nanjing University of Traditional Chinese Medicine,Nanjing 210046,China*;
[4]*Bozhou Yonggang Yinpian Factory Co.,Ltd.,Bozhou 236800,China*

Abstract:Three active components such as chlorogenic acid and total ash content were determined after different drying methods of Chrysanthemi Flos,and this was used as the basis for screening Chrysanthemi Flos treatment methods,in order to get the best processing method of Chrysanthemi Flos. Firstly,the same batch of fresh Chrysanthemi Flos were processed using five drying methods:sun drying,drying,traditional shade drying,steaming followed by drying,and steaming followed by sun drying. Then,high-performance liquid chromatography (HPLC) was used to analyze the content of chlorogenic acid,luteoloside,and 3,5-*O*-dicaffeoyl quinic acid in the Chrysanthemi Flos samples obtained from the five different drying methods,and the total ash content of Chrysanthemi Flos was determined according to the relevant provisions of the Chinese Pharmacopoeia. The results showed that under five different drying methods,the total ash content of Chrysanthemi Flos ranged from 5.26% to 6.85%. The content of chlorogenic acid is 2 385.15-3 783.96 μg/g. The content of luteoloside is 84.74-618.92 μg/g. The content of 3,5-*O*-dicaffeoyl quinic acid is 3 359.78-5 438.49 μg/g. The total content of Chrysanthemi Flos obtained by drying method is the highest,followed by shade drying method,steaming and drying method,sun drying method,and steaming and drying method;The total ash content of Chrysanthemi Flos obtained by sun drying method is the highest,followed by shade drying method,steaming followed by sun drying method,drying method,and steaming followed by drying method.

Key words:Chrysanthemi Flos;processing;total ash;determination of content;high performance liquid chromatography

收稿日期:2023-12-30　　接受日期:2024-03-15

基金项目:安徽省高校学科(专业)拔尖人才学术资助项目(gxbjZD2021121);亳州职业技术学院中医药专项(亳职院科〔2022〕3号);国家级提质培优行动计划(2020—2023年)中药学高水平专业群

*通信作者 E-mail:lutuling2005@126.com

天然产物研究与开发

菊花来源于菊科多年生草本植物菊 *Chrysanthemum morifolium* Ramat. 的干燥头状花序[1]。主要生产于安徽省亳州市,性平,味甘,微苦,归肺、肝经,具有清热解毒,平肝明目,散风清热之效[2]。用于风热感冒,头痛眩晕,目赤肿痛,眼目昏花,疮痈肿毒,9至11月花盛开时采收[3]。菊花含有木犀草苷、绿原酸、3,5-*O*-二咖啡酰基奎宁酸等多种化学成分。中国药典以所含主要化学成分木犀草苷、绿原酸、3,5-*O*-二咖啡酰基奎宁酸为检验标准,且现代研究表明菊花还有许多的药理作用,如降血压,抗炎,免疫调节,降血脂等作用[4,5]。菊花常用的加工方法有晒干法、烘干法、传统阴干法、蒸后再烘法、蒸后再晒法等[6,7]。在这次试验中,同一批次的菊花以不同的加工方式进行了处理,按《中华人民共和国药典》(以下简称《中国药典》)规定,对五种不同干燥方法的菊花进行了总灰分的测定。然后再用 HPLC 测定菊花中绿原酸、木犀草苷、3,5-*O*-二咖啡酰基奎宁酸的含量,对比了五种不同加工方式的菊花活性成分含量及总灰分的不同,旨在最大程度保留其有效成分,为菊花的加工方法提供有效依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

菊花鲜品采摘于亳州职业技术学院亳菊苗圃,经亳州职业技术学院鞠康副教授鉴定为菊科多年生草本植物菊 *Chrysanthemum morifolium* Ramat. 的干燥头状花序。

1.2 实验仪器

SX2-4-10 型箱式电阻炉(沪南电炉烘箱厂);QJ-04 多功能粉碎机(上海兆申科技有限公司);岛津 LC-20AT 高效液相色谱仪(日本岛津公司);SQP 型分析天平(赛多利科学有限公司);SHZ-D 型循环水真空泵(巩义市英峪高科仪器厂);DHG-9101-0A 型电热鼓风干燥箱(上海博迅实业有限公司医疗设备厂)。

1.3 实验试剂

水为娃哈哈纯净水;绿原酸对照品(批号:23032302)、木犀草苷对照品(批号:22051304)、3,5-*O*-二咖啡酰基奎宁酸对照品(批号:22030201)(成都格利普生物科技有限公司实验室),纯度均不低于98.5%;甲醇为色谱纯;乙腈为色谱纯;磷酸为分析纯。

1.4 菊花的干燥方法

1.4.1 传统阴干法

待菊花全株基本开放时,将头状花序及地上部分一起,每3~4棵扎成一把,倒立悬挂于阴凉干燥的通风口处,大约20 d左右,干燥结束剪下花序部分,得到1号样品。

1.4.2 常规晒干法

待头状花序全部开放后,采收已经全部开放的头状花序,选择天气晴朗的时候,保障卫生条件的情况下,利用太阳光自然干燥,大约10 d左右基本干燥结束,得到2号样品。

1.4.3 烘干法

将采摘的新鲜菊花,挑出杂质,稍稍晾去表面水分后,置于电热鼓风干燥箱中进行干燥,1~2 d内温度设置在45 ℃,2 d后温度升高至50 ℃,一直达到干燥为止,共需3 d。得到3号样品。

1.4.4 蒸后再烘法

将采摘的新鲜菊花放于烧沸的水上,蒸5 min,取出后再放入电热鼓风干燥箱中45 ℃烘1 d。得到4号样品。

1.4.5 蒸后再晒法

将新采摘的菊花放于烧沸的水上,蒸5 min,选择天气晴朗的时候,取出后放于卫生条件较好的环境下晒7 d左右干燥结束。得到5号样品。

1.5 对菊花样品进行预处理的方法

将五种菊花样品分别粉碎,过2号筛,得到粉末状的菊花样品。分别放入密封袋内,做好标记,备用。

1.6 对菊花样品中总灰分含量进行测定的方法

依据2020年版《中国药典》进行测定,将坩埚放入烘箱内烘干40 min,取出后放入马弗炉内550 ℃灼烧30 min,炉门斜开,放凉到220 ℃左右,将坩埚从马弗炉中取出放入干燥器中冷却30 min后,然后再放入马弗炉中灼烧30 min,取出,放入干燥器中冷却30 min。精确称重,反复灼烧到恒重。使用电子天平精密称取“1.5”项下的菊花药材粉末2 g,置灼烧恒重的坩埚中,置于电热炉上进行灼烧,直至菊花样品完全碳化至无烟,再将坩埚整体置于马弗炉中,缓缓加热至550 ℃使样品完全炭化并保持恒重(加热过程中避免样品燃烧)4 h。随后取出放入干燥器中冷却30 min后取出称重。每一批试样进行了三次平行实验,根据炭化后样品残渣的质量计算样品的总灰分含量:总灰分含量 = $(M_0-M_1)/M_0 \times 100\%$,其中 M_0 是样品的初始质量,M_1 是炭化至恒重后样品的质量。

天然产物研究与开发

1.7　HPLC 法测定菊花样品中的含量

1.7.1　色谱条件

参照 2020 年版《中国药典》,色谱柱为 ChromCore C_{18}(4.6 mm×250 mm,5 μm);流动相 A 为乙腈,流动相 B 为 0.1% 的磷酸,梯度洗脱条件为:0~11 min,10%→18% A;11~30 min,18%→20% A;30~40 min,20% A;流速为 0.5 mL/min;检测波长为 348 nm;柱温:25 ℃;进样量为 5 μL[8]。在该色谱条件下,绿原酸、木犀草苷、3,5-*O*-二咖啡酰基奎宁酸对照品色谱图见图 1。

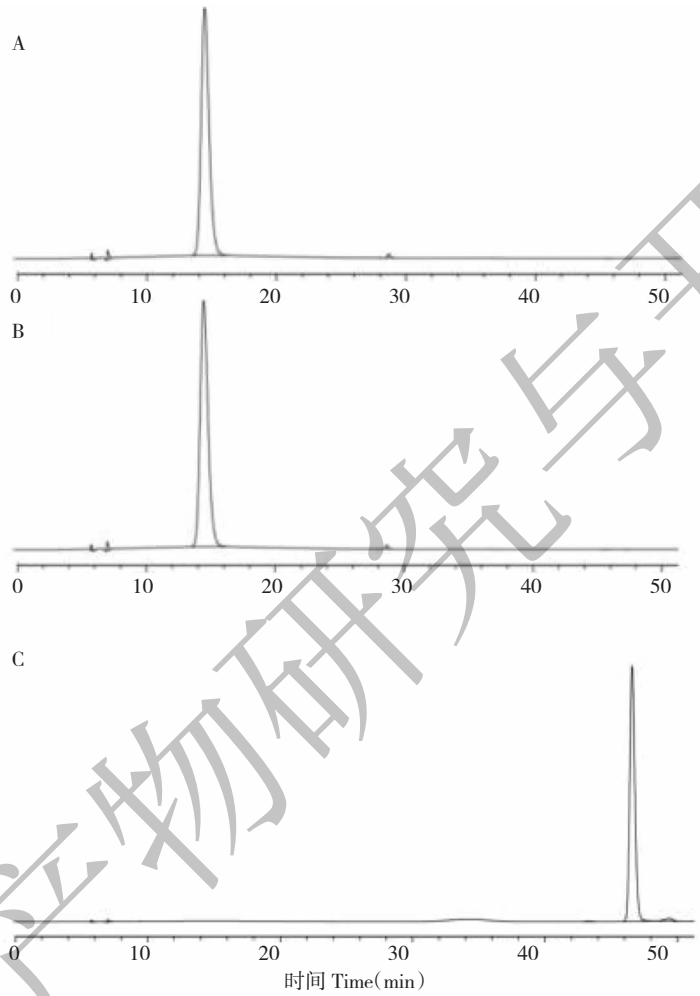

图 1　三种对照品 HPLC 图

Fig. 1　HPLC chromatograms of three reference substances

注:A:绿原酸;B:木犀草苷;C:3,5-*O*-二咖啡酰基奎宁酸。Note:A:Chlorogenic acid;B:Luteoloside;C:3,5-*O*-Dicaffeoyl quinic acid.

1.7.2　供试品溶液的制备

称取少量“1.5”项下的菊花药材粉末过一号筛,再用电子分析天平精密称取 0.25 g 菊花药材粉末置于具塞锥形瓶中,精密加入 70% 甲醇 25 mL,密塞,称定重量,超声(300 W,45 kHz)进行 40 min 的超声波处理,放凉后称量,用 70% 甲醇补足减少的重量,摇匀,过滤,获得新的滤液即得[9]。

1.7.3　对照品溶液的制备

分别精密称定绿原酸对照品 0.003 5 g,木犀草苷对照品 0.0025 g,3,5-*O*-二咖啡酰基奎宁酸 0.008 0 g,分别置于三个 25 mL 的棕色容量瓶中,加 70% 甲醇溶液定容到刻度线处,摇匀,即得单独对照品溶液。分别精密量取上述三种单独对照品溶液各 1 mL 置 10 mL 棕色容量瓶中,加 70% 甲醇定容至刻度线处,摇匀,即得混合对照品母液[10]。

1.7.4　标准曲线的绘制

分别精密量取“1.7.3”项下的绿原酸、木犀草苷、3,5-*O*-二咖啡酰基奎宁酸单独对照品溶液各 1 mL 分别置于 5、10、25、50、100、200、250 mL 棕色容量瓶中,加 70% 甲醇定容,摇匀,精密吸取上述各液

天然产物研究与开发

1.5 mL,经 0.45 μm 微孔滤膜过滤,即得稀释 5、10、25、50、100、200、250 倍的 7 个浓度梯度的线性考察混合对照品溶液,精密吸取各混合对照品溶液 5 μL 进样。按“1.7.1”项下色谱条件进行测定。对绿原酸、木犀草苷和 3,5-*O*-二咖啡酰奎宁酸的浓度(x)与峰面积(y)进行线性回归,记录峰面积,并计算三种成分的线性回归方程。结果由表 1 和图 2 所示,可以看出,三种成分在各自范围内线性关系良好。

表 1 三种成分线性关系

Table 1 Linearity of the three components

成分 Ingredient	回归方程 Regression equation	相关系数 Correlation coefficient(R^2)
绿原酸 Chlorogenic acid	$y = 3\ 337.6x + 8\ 521.2$	0.997 6
木犀草 Luteoloside	$y = 3\ 337.6x + 8\ 521.2$	0.999 9
3,5-*O*-二咖啡酰基奎宁酸 3,5-*O*-Dicaffeoyl quinic acid	$y = 8\ 424.5x - 15\ 132$	0.999 2

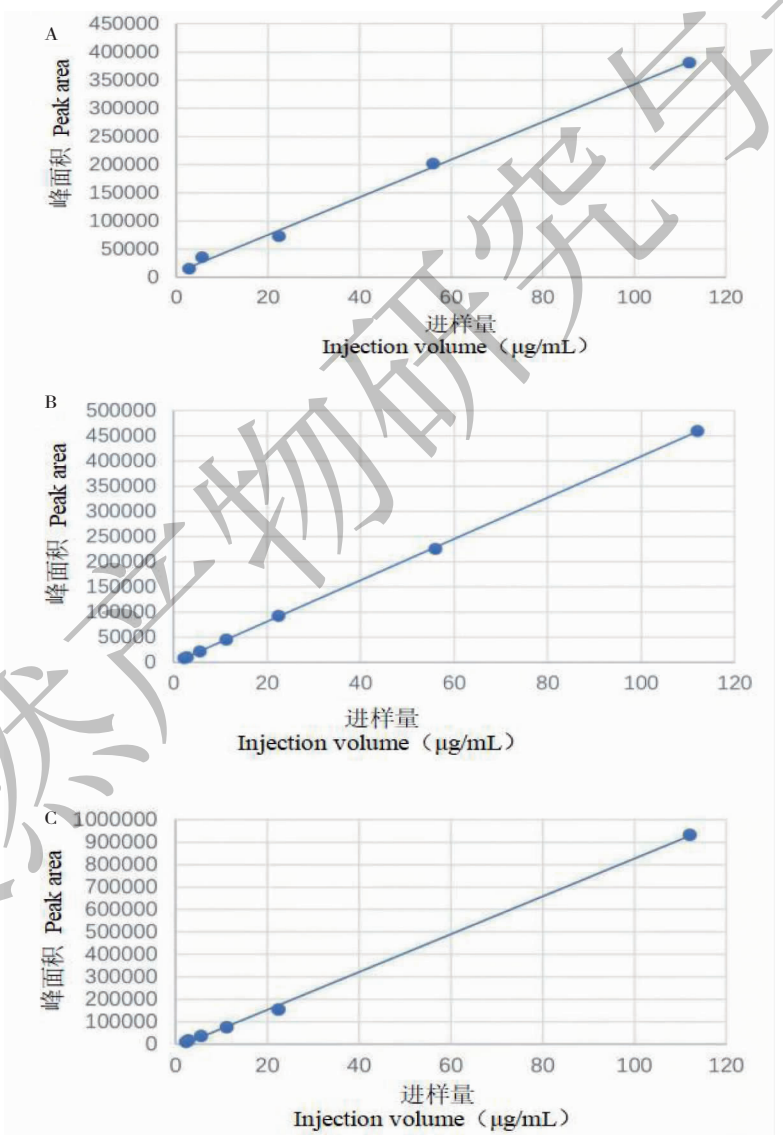

图 2 三种成分的标准曲线

Fig. 2 Standard curves of three components

注:A:绿原酸;B:木犀草苷;C:3,5-*O*-二咖啡酰基奎宁酸。Note:A:Chlorogenic acid;B:Luteoloside;C:3,5-*O*-Dicaffeoyl quinic acid.

天然产物研究与开发

1.7.5 样品测定

用微量进样器分别精密吸取“1.7.2”项下供试品溶液和“1.7.3”项下对照品溶液各 5 μL,取样测定,将其分别注入到液相色谱仪中(色谱图见图 3),按外标法以峰面积对浓度进行线性回归,得回归方程 $y=3\ 337.6x+8\ 521.2$、$y=3\ 337.6x+8\ 521.2$、$y=8\ 424.5x-15\ 132$,按上述方法对每批样品平行测定 3 次,计算绿原酸、木犀草苷、3,5-*O*-二咖啡酰基奎宁酸的含量。

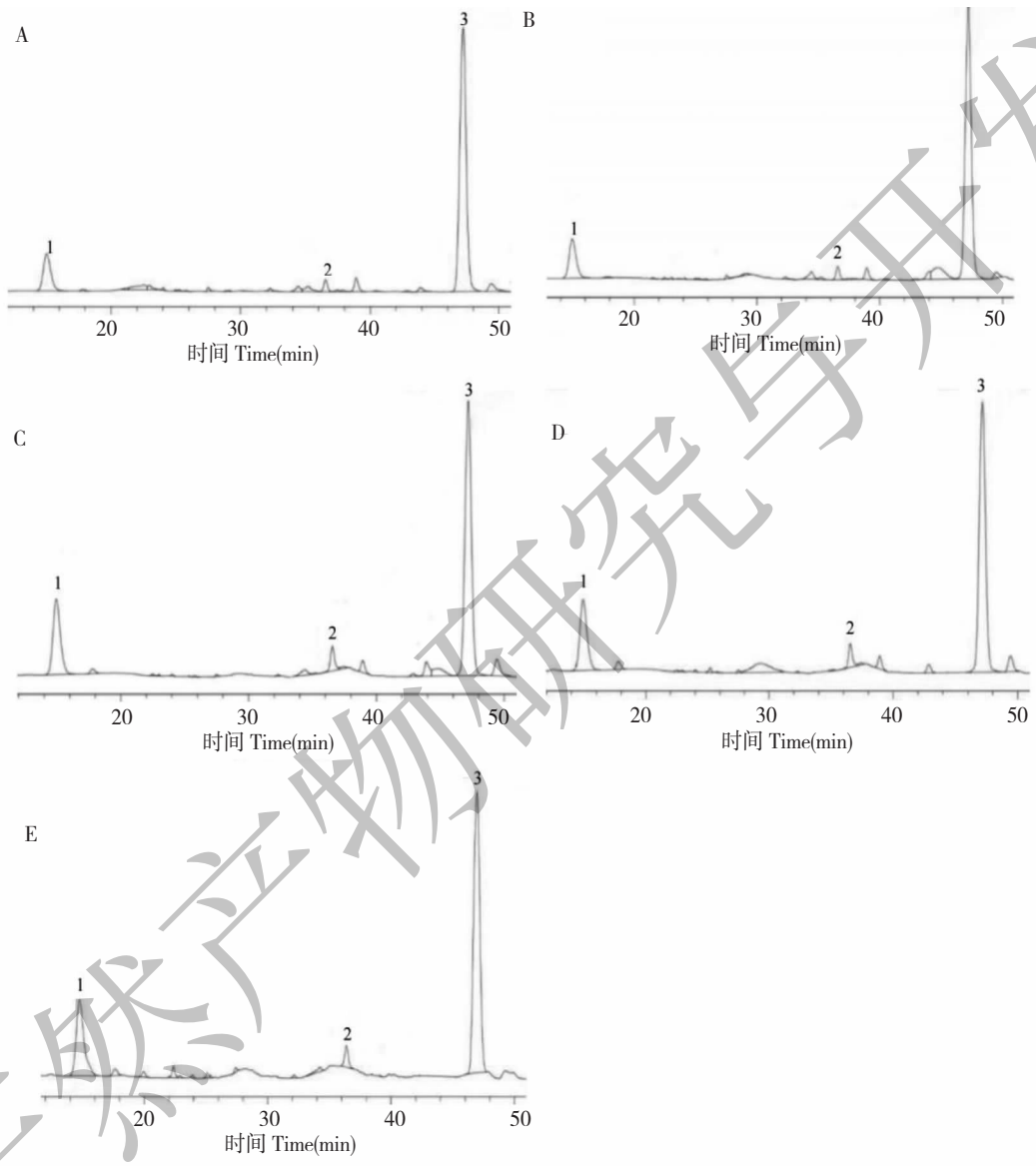

图 3 五种不同干燥方式菊花样品 HPLC 色谱图

Fig. 3 HPLC chromatogram of five different drying methods of Chrysanthemi Flos samples

注:A:阴干;B:晒干;C:烘干;D:蒸后再烘;E:蒸后再晒。1:绿原酸;2:木犀草苷;3:3,5-*O*-二咖啡酰基奎宁酸。Note:A:Shade drying;B:Sun drying;C:Drying;D:Steaming followed by drying;E:Steaming followed by sun drying. 1:Chlorogenic acid;2:Luteolin;3:3,5-*O*-Dicaffeoyl quinic acid.

2 结果

2.1 不同干燥方式菊花样品中总灰分含量

不同干燥方式菊花样品中的总灰分含量结果见表 2,根据表 2 可以看出,不同干燥方式的菊花样品中总灰分存在一定的差异。平均总灰分含量最高的是晒干菊花样品,其总灰分含量为 6.85%,而蒸后再烘菊花样品的总灰分含量最低,为 5.26%。这一结果表明,菊花样品的干燥方式对其总灰分有显著影响,而且不同干燥方式下,菊花样品的总灰分含量也存在一定差异。

天然产物研究与开发

表 2 不同干燥方式菊花样品中的总灰分含量

Table 2 Total ash content in Chrysanthemi Flos samples with different drying methods

干燥方法 Drying method	总灰分含量 Total ash content(%)			
	样品 1 Sample 1	样品 2 Sample 2	样品 3 Sample 3	平均值 Average value
阴干 Shade drying	6.55	6.28	6.39	6.41
晒干 Sun drying	6.90	6.88	6.76	6.85
烘干 Drying	5.43	5.33	5.22	5.33
蒸后再烘 Steaming followed by drying	5.30	5.34	5.14	5.26
蒸后再晒 Steaming followed by sun drying	5.61	5.62	5.58	5.60

2.2 对不同干燥方式菊花样品含量的分析

根据不同干燥方式菊花中绿原酸、木樨草苷、3,5-*O*-二咖啡酰基奎宁酸含量测定结果可以看出(见表 3 ~5),在阴干、晒干、烘干、蒸后再烘、蒸后再晒五种不同的干燥方式下,菊花中木犀草苷、绿原酸和 3,5-*O*-二咖啡酰基奎宁酸的含量都发生了很明显的变化。其含量随干燥方式的不同而变化。其中,烘干后的菊花中,绿原酸的平均含量最高,晒干的菊花中,绿原酸的平均含量最低;烘干的菊花中,木犀草苷的平均含量最高,晒干的菊花中,木犀草苷的平均含量最低;3,5-*O*-二咖啡酰奎宁酸在编号 1 阴干制的菊花中的平均含量较高,在蒸后再晒制的菊花中的平均含量较低。从图 4 可以看出,由于菊花的干燥方式不同,所得到的菊花样品中木犀草苷、绿原酸和 3,5-*O*-二咖啡酰基奎宁酸含量有一定变化,不同加工方式所得到的菊花对绿原酸含量的影响和木犀草苷含量的影响相似,烘干的菊花样品绿原酸、木犀草苷及总含量最高,这表明烘干法不仅能减少菊花中绿原酸的损失,也能减少木犀草苷的损失。蒸后再晒的菊花样品总含量最低。

3 讨论与结论

本实验的目的是考察五种不同干燥方式对菊花中绿原酸、木犀草苷、3,5-*O*-二咖啡酰基奎宁酸及总灰分含量的影响。传统的菊花干燥工艺为自然阴

表 3 不同干燥方式菊花中绿原酸含量

Table 3 Chlorogenic acid content in Chrysanthemi Flos by different drying methods(μg/g)

干燥方法 Drying method	样品 1 Sample 1	样品 2 Sample 2	样品 3 Sample 3	平均值 Average value
阴干 Shade drying	2 578.35	2 656.89	2 806.85	2 680.70
晒干 Sun drying	2 364.06	2 370.85	2 420.54	2 385.15
烘干 Drying	3 851.81	3 959.47	3 537.59	3 783.96
蒸后再烘 Steaming followed by drying	3 244.46	3 669.51	3 628.97	3 514.31
蒸后再晒 Steaming followed by sun drying	2 838.72	2 837.28	2 653.45	2 776.48

表 4 不同干燥方式菊花中木犀草苷含量

Table 4 Luteolin content in Chrysanthemi Flos by different drying methods(μg/g)

干燥方法 Dry method	样品 1 Sample 1	样品 2 Sample 2	样品 3 Sample 3	平均值 Average value
阴干 Shade drying	371.24	361.12	319.47	350.61
晒干 Sun drying	80.38	81.59	92.25	84.74
烘干 Drying	620.13	674.24	562.40	618.92
蒸后再烘 Steaming followed by drying	533.53	520.29	490.12	514.65
蒸后再晒 Steaming followed by sun drying	298.95	285.05	280.03	288.01

天然产物研究与开发

表 5　不同干燥方式菊花中 3,5-*O*-二咖啡酰基奎宁酸含量

Table 5　Content of 3,5-*O*-dicaffeoylquinic acid in Chrysanthemi Flos by different drying methods(μg/g)

干燥方法 Drying method	样品 1 Sample 1	样品 2 Sample 2	样品 3 Sample 3	平均值 Average value
阴干 Shade drying	5 246.60	5 339.19	5 729.67	5 438.49
晒干 Sun drying	4 740.33	4 653.67	4 839.42	4 740.33
烘干 Drying	4 158.81	4 185.47	4 945.74	4 430.00
蒸后再烘 Steaming followed by drying	3 801.14	4 179.63	4 198.79	4 059.85
蒸后再晒 Steaming followed by sun drying	3 176.77	3 567.53	3 335.04	3 359.78

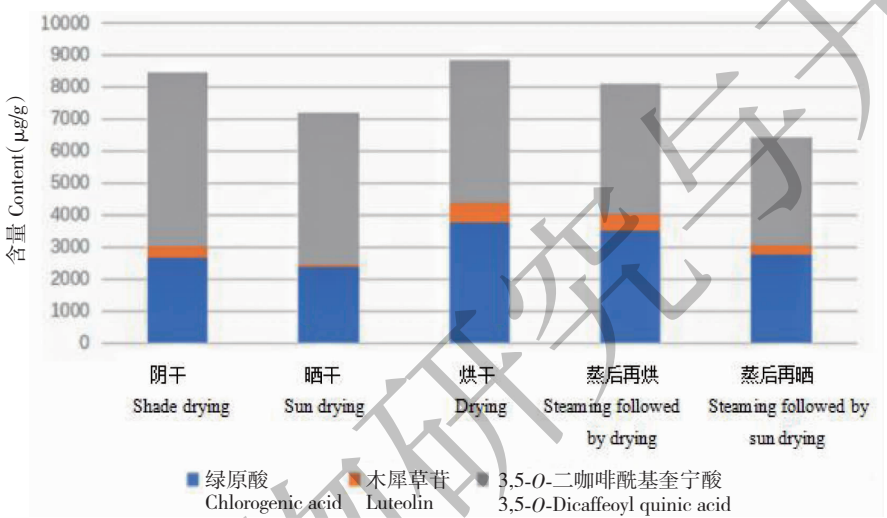

图 4　不同干燥方式菊花样品三种活性成分的含量

Fig. 4　The content of three active ingredients in Chrysanthemi Flos samples by different drying methods

干,试验结果显示,菊花的质量因干燥方法不同而有很大差异。绿原酸、木犀草苷、3,5-*O*-二咖啡酰基奎宁酸作为菊花的有效成份之一,2020 年版中国药典“菊花”项下均把木犀草苷、绿原酸、3,5-*O*-二咖啡酰基奎宁酸作为含量测定指标来检测菊花质量的好坏,本试验通过比较五种不同干燥方法:传统阴干、晒干、烘干、蒸后再烘和蒸后再晒,得知菊花经过烘干后绿原酸和木犀草苷保存比较完全,菊花经过阴干后 3,5-*O*-二咖啡酰基奎宁酸保存比较完全。但是阴干成品易生潮破坏有效成分,且不易保存。而菊花的烘干品中总含量较高,这表明它在某种程度上起到了“保质”作用。而且菊花的颜色、形状保存完好,加工方便,所用时间短,故综合考虑建议在产地加工时根据实际情况选择使用,以减少加工过程中绿原酸、木犀草苷和 3,5-*O*-二咖啡酰基奎宁酸的损失,从而提高菊花中三种活性成分的含量。

在菊花的干燥工艺优选中,蒸后再烘法总平均含量最低,对菊花中有效成分破坏最大,且加工过程麻烦,耗费时间较长;因此考虑到多种因素,该工艺并不适合在大批量生产中推广应用。

通过五种不同的干燥方法进行对比,由烘干法干燥的菊花所含木犀草苷、绿原酸、3,5-*O*-二咖啡酰基奎宁酸三种有效成分总含量最高,但是菊花含有多种有效成分,如挥发油、黄酮类和有机酸类等有效成分,本实验只考察了不同干燥方法对菊花中绿原酸、木犀草苷、3,5-*O*-二咖啡酰基奎宁酸三种含量的影响,因此下一步应结合菊花其他有效成分的含量测定进行比较,筛选菊花最佳干燥方法,为菊花的生产、加工和临床应用提供参考依据。

参考文献

1　Chinese Pharmacopoeia Commission. Pharmacopoeia of the People's Republic of China:Vol I(中华人民共和国药典:第一部)[M]. Beijing:China Medical Science Press,2020:

天然产物研究与开发

69-70.

2 Ji YH, Wei M, Li GW, et al. Establishment of HPLC characteristic map and determination of multi-index components in different parts of *Plantago*[J]. J Chin Med Mater(中药材), 2020, 43: 660-664.

3 Huang TF, Lu DY, Yu FJ, et al. Simultaneous determination of four components in Herba Plantaginis by HPLC[J]. J Chin Med Mater(中药材), 2017, 40: 645-648.

4 Liu SM, Yang JJ, Li MY, et al. HPLC fingerprint analysis and chemistry pattern recognition of Plantaginis Herba from different regions[J]. Food Drug(食品与药品), 2021, 23: 29-34.

5 Gu CM, Wang ZH, Zheng SH, et al. Analysis on chemical compositions of crude and salt-processed *Plantago asiatica* L. by UPLC-Q-TOF/MS[J]. Mod Tradit Chin Med Mater Med World Sci Technol(世界科学技术-中医药现代化), 2016, 18: 77-81.

6 Li D, Feng JW, Chen HP, et al. The quality evaluation of Psidii Guajavae Folium from different areas based on fingerprints and hemometrics[J]. Nat Prod Res Dev(天然产物研究与开发), 2021, 33: 899-912.

7 Chen QZ. HPLC determination of the content for six constituents before and after salt processing of Plantaginis Semen from different habitats[J]. Int J Tradit Chin Med(国际中医中药杂志), 2021, 43: 784-788.

8 Guan SB, Wang Y, Zhang ZQ, et al. Contents determination for three active constituents of Plantaginis Semen before and after salt processing by HPLC wavelength switching method[J]. Liaoning J Tradit Chin Med(辽宁中医杂志), 2017, 44: 1711-1715.

9 Li MJ, Liu L, Fu CY, et al. Determination of flavonoids in plantain by HPLC[J]. Chin J Spectrosc Lab(光谱实验室), 2013, 30: 1437-1443.

10 Li C, Wen R, Liu DW, et al. Diuretic effect and metabolomics analysis of crude and salt-processed Plantaginis Semen[J]. Front Pharmacol, 2020, 11: 563157.

(上接第 25 页)

14 Draghici AE, Ely MR, Hamner JW, et al. Nitric oxide-mediated vasodilation in human bone[J]. Microcirculation, 2023, 31: e12842.

15 Wu J, Hu JW, Xiong W, et al. Immunomodulatory effect of camphor tree fruit polysaccharides on macrophage RAW 264.7[J]. Mod Food Sci Technol(现代食品科技), 2018, 34: 12-18.

16 Abubakar SD, Ihim SA, Farshchi A, et al. The role of TNF-α and anti-TNF-α agents in the immunopathogenesis and management of immune dysregulation in primary immunodeficiency diseases[J]. Immunopharm Immunot, 2022, 44: 147-156.

17 Ma XY, Xiao J, Gong N, et al. Exploring the immunomodulatory effect of *Sanghuangporus baumi* mycelial polysaccharides on macrophage RAW 264.7 based on LPS inflammation model[J]. Sci Technol Food Ind(食品工业科技), 2023, 44: 407-413.

18 Yue YY, Liu XC, Li Y, et al. The role of TLR4/MyD88/NF-κB pathway in periodontitis-induced liver inflammation of rats[J]. Oral Dis, 2020, 27: 1012-1021.

19 Zheng HB, Pu SC, Liu JH, et al. *Enterococcus faecium* inhibits NF-κB/NLRP3/Caspase-1 signaling pathway to antagonize enterotoxigenic *Escherichia coli*-mediated inflammatory response[J]. Can J Microbiol, 2024, 70: 109-118.

20 Gong TT, Si K, Liu HP, et al. Research progress on MAPK cascade regulation of cell growth and its role in immunity, inflammation, and cancer[J]. J Cent South Univ(中南大学学报), 2022, 47: 1721-1728.

21 Liu Q, Guo ZT, Zang K, et al. Research progress on the natural immune regulation of macrophages by Astragalus polysaccharides[J]. China Anim Husb Vet Med(中国畜牧兽医), 2022, 49(5): 1746-1756.

22 Wei XM, Zhang Y, Li C, et al. The evolutionarily conserved MAPK/Erk signaling promotes ancestral T-cell immunity in fish via c-Myc-mediated glycolysis[J]. J Biol Chem, 2020, 295: 3000-3016.

23 Shin MS, Song JH, Choi P, et al. Stimulation of innate immune function by *Panax ginseng* after heat processing[J]. J Agric Food Chem, 2018, 66: 4652-4659.

天然产物研究与开发