

冯颖,何群. 喷雾干燥法生产无梗五加果粉工艺[J]. 江苏农业科学,2016,44(11):329-333.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.11.097

# 喷雾干燥法生产无梗五加果粉工艺

冯颖,何群

(沈阳农业大学食品学院,辽宁沈阳 110866)

**摘要:**采用喷雾干燥法制备无梗五加果粉。首先确定助干剂种类与用量,然后以集粉率和果粉溶解时间为考察指标,在单因素试验基础上,采用正交试验法研究和确定喷雾干燥法制备无梗五加果粉的影响因素和工艺参数。结果表明:当无梗五加果浆固形物与助干剂麦芽糊精的质量比为 7:3、进料浓度为 14%、进风温度为 180℃、蠕动泵转速为 325 r/h 时,集粉率最高,为 24.83%,果粉溶解时间最短,为 38.3 s。与热风干燥和真空干燥法制备无梗五加果粉相比,喷雾干燥法集粉率高,制备的果粉含水量低、溶解时间短,更好地保持了原果的色泽和香气,具有较高含量的功效成分绿原酸(0.666 2 mg/g)和金丝桃苷(0.362 6 mg/g)。

**关键词:**无梗五加;喷雾干燥;果粉;工艺参数

**中图分类号:**TS278 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2016)11-0329-04

无梗五加(*Acanthopanax sessiliflorus*)别称短梗五加、乌鸦子,为五加科五加属植物<sup>[1]</sup>,卫生部公告 2008 年第 12 号批准无梗五加为新资源食品。无梗五加果具有清除自由基、降血脂、抗肿瘤等作用<sup>[2-4]</sup>。然而成熟采收后的无梗五加鲜果很容易腐烂变质,近些年来,国内外不断有将无梗五加果制成果汁、果酒、果干等的报道<sup>[5]</sup>。果蔬粉固体饮料与传统的液体饮料相比,具有体积小、质量轻、便携带的特点,在国内外市场有着非常广阔的发展空间<sup>[6]</sup>。利用喷雾干燥技术生产果蔬粉固体饮料具有干燥速度快、产品品质细腻、流动性和冲调性好、操作简单、可连续化大规模生产的特点,现已成为加工果蔬固体饮料最受欢迎的加工方法。然而,利用喷雾干燥技术制备果蔬粉时,喷雾干燥技术参数对产品质量会产生重要影响,干燥过程中往往由于干燥不完全产生黏壁现象,造成集粉率低及产品溶解性差的问题<sup>[7]</sup>。本试验研究利用喷雾干燥技术生产无梗五加果粉的工艺参数,分析喷雾干燥各参数对集粉率、果粉溶解时间的影响,以优化无梗五加果粉喷雾干燥工艺参数,促进无梗五加果深加工,提高其产品附加值。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料、试剂与仪器

无梗五加果,购于辽宁省丹东农业科学院;果胶酶、可溶性淀粉、麦芽糊精、 $\beta$ -环糊精均为食用级食品添加剂(沈阳化学试剂厂);无水乙醇、甲酸均为分析纯(沈阳化学试剂厂);色谱级乙腈(沈阳化学试剂厂)。

AL104 型电子分析天平[梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司];DK-S26 型电热恒温水浴锅(上海精宏实验设备有限公司);JMD120 型胶体磨机(温州市成久包装机械有限公司);ST-06 型 300 g 多功能粉碎机(永康市市通工具有限

公司);RE-52AA 旋转蒸发器(上海亚荣生化仪器厂);SHB-III 型循环水式多用真空泵(郑州长城科工贸有限公司);ME-WZB45 型便携式数码折射计(北京润恒奥仪器仪表设备有限公司);TDL-5000B 型离心机(上海安亭科学仪器厂);KQ-250DB 型数控超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司);7200 型可见分光光度计[尤尼柯(上海)有限公司];DZF-6050 型真空干燥箱(上海精宏实验设备有限公司);DHG-9070A 型鼓风干燥箱(上海精宏实验设备有限公司);SD-1500 试验型喷雾干燥机(上海沃迪科技有限公司);LC 1200 型液相色谱仪(安捷伦科技中国有限公司)。

### 1.2 方法

1.2.1 喷雾干燥法制备无梗五加果粉工艺流程 无梗五加鲜果→清洗→酶解(50℃,0.2%果胶酶,酶解 1.5 h)→打浆→粗滤→浓缩→加助干剂调配→均质→喷雾干燥→无梗五加果粉。

#### 1.2.2 助干剂种类及用量的筛选

1.2.2.1 助干剂的筛选 选择无梗五加果浆固形物与助干剂的质量比为 8:2,分别加入备选助干剂可溶性淀粉、麦芽糊精、 $\beta$ -环糊精与无梗五加果浆混合,按进料浓度 13%、入料温度 60℃、蠕动泵转速 350 r/h、进风温度 170℃、出风温度 60℃进行喷雾干燥。干燥结束后,从喷头堵塞程度、集粉率大小 2 个方面对助干剂进行选择。

1.2.2.2 助干剂用量的筛选 分别按无梗五加果浆固形物与助干剂的质量比为 9:1、8:2、7:3、6:4、5:5,将无梗五加果浆与麦芽糊精混合,按进料浓度 13%、进风温度 170℃、出风温度 60℃、蠕动泵转速 350 r/h 进行喷雾干燥。干燥结束后,收集果粉计算集粉率及溶解时间。

#### 1.2.3 喷雾干燥法制备无梗五加果粉单因素试验

1.2.3.1 进料浓度的筛选 无梗五加果浆固形物与助干剂麦芽糊精的质量比为 7:3,进料浓度设为 11%、12%、13%、14%、15%,按进风温度 170℃、出风温度 60℃、蠕动泵转速 350 r/h 进行喷雾干燥,干燥后收集果粉计算集粉率及溶解时间。

收稿日期:2016-08-07

基金项目:辽宁省博士科研启动基金(编号:20091068)。

作者简介:冯颖(1975—),女,辽宁朝阳人,博士,副教授,主要从事果蔬精深加工及其生物活性物质研究。E-mail:fywjg@sina.com。

1.2.3.2 进风温度的筛选 无梗五加果浆固形物与助干剂麦芽糊精的质量比为 7 : 3,进料浓度为 13%,进风温度设定为 150、160、170、180、190 ℃,出风温度为 60 ℃,蠕动泵转速为 350 r/h,喷雾干燥后收集果粉计算集粉率及溶解时间。

1.2.3.3 出风温度的筛选 无梗五加果浆固形物与助干剂麦芽糊精的质量比为 7 : 3,进料浓度为 13%,进风温度为 170 ℃,出风温度设定为 60、70、80、90、100 ℃,蠕动泵转速为 350 r/h,喷雾干燥后收集果粉计算集粉率及溶解时间。

1.2.3.4 蠕动泵转速的筛选 无梗五加果浆固形物与助干剂麦芽糊精的质量比为 7 : 3,进料浓度为 13%,进风温度为 170 ℃,蠕动泵转速为 320、350、375、400、425 r/h,喷雾干燥后收集果粉计算集粉率及溶解时间。

1.2.4 正交试验优化喷雾干燥法制备无梗五加果粉工艺参数 在单因素试验基础上,选取影响集粉率和溶解时间的主要因素进料浓度、进风温度、蠕动泵转速,进一步通过正交试验,优化制备无梗五加果粉的工艺参数。

1.2.5 喷雾干燥法与其他干燥法制备无梗五加果粉产品品质比较

1.2.5.1 喷雾干燥法制粉 工艺参数采用“1.2.4”节优化参数。

1.2.5.2 热风干燥法制粉 酶解、打浆、助干剂种类及用量同喷雾干燥法,进料浓度为 45%,热风温度为 80 ℃,干燥时间为 8 h,干燥后用固体粉碎机粉碎制粉,称质量计算得率,测含水量、溶解时间,感官评价其品质。

1.2.5.3 真空干燥法制粉 酶解、打浆、助干剂种类及用量同喷雾干燥法,进料浓度为 45%,真空度为 0.08 MPa,热风温度为 45 ℃,干燥时间为 5 h,干燥后用固体粉碎机粉碎制粉,称质量计算得率,测含水量、溶解时间,感官评价其品质。

1.2.6 产品品质评价方法

1.2.6.1 感官评价指标 形态:呈粉末状,粉体细腻,颗粒均匀,无结块现象;色泽:紫褐色;滋味与气味:具有无梗五加果特有的滋味及气味,适口,无异味;杂质:无正常视力可见的外来杂质。

1.2.6.2 集粉率的测定 集粉率公式:

集粉率 =  $\frac{\text{收集瓶中收集果粉的质量}}{\text{无梗五加果浆固形物的质量} + \text{助干剂的质量}} \times 100\%$ 。

1.2.6.3 含水量的测定 按 GB 50093—2010《食品中水分的测定》法进行

1.2.6.4 溶解时间的测定 精确称取 1.000 g 干燥样品,倒入 50 mL 干燥洁净的三角瓶中,加入 8 mL 10 ℃ 的冷蒸馏水,不断用玻璃棒进行搅拌,记录从倒入冷蒸馏水到果粉样品完全溶解所经历的时间<sup>[8]</sup>。

1.2.6.5 绿原酸、金丝桃苷含量的测定 (1)样品处理:精确称取 2.000 g 果粉样品,按料液比 1 g : 30 mL 加入体积分数为 90% 的乙醇,采用超声波提取器,于提取温度 50 ℃、提取功率 70 W 条件下提取 50 min 后离心,取上清液于旋转蒸发仪中真空浓缩除去溶剂,用甲醇溶解定容至 10 mL,过 0.45 μm 滤膜,备用。(2)高效液相色谱分析条件:Topsil™ C<sub>18</sub> 色谱柱,流动相:乙腈(A) - 1 mL/L 甲酸水溶液(B),进样量 10 μL,流速为 1.0 mL/min,检测波长为 360 nm。梯度洗脱条件:1 ~ 10 min,体积分数 10% ~ 15% A;10 ~ 30 min,体积分

数 15% ~ 18% A;30 ~ 40 min,体积分数 18% ~ 23% A;40 ~ 50 min,体积分数 23% ~ 25% A;50 ~ 60 min,体积分数 25% ~ 40% A;60 ~ 65 min,体积分数 40% ~ 10% A。(3)标准曲线:绿原酸标准曲线  $y = 9\,033.5x - 5\,610.0$ ,  $r^2 = 0.999\,7$ ,在绿原酸浓度为 0.02 ~ 0.10 mg/L 范围内呈良好的线性关系;金丝桃苷标准曲线  $y = 13\,587x + 162.12$ ,  $r^2 = 0.999\,2$ ,在金丝桃苷浓度为 0.04 ~ 0.20 mg/L 范围内呈良好的线性关系。式中: $x$  为浓度(mg/L); $y$  为峰面积。

1.2.7 统计分析 利用 SPSS 19.0、Excel 软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 助干剂种类及用量的筛选

2.1.1 助干剂种类的确定 3 个种类的助干剂中,可溶性淀粉与无梗五加果浆混合所形成的物料是一种悬浊液状态,喷头雾化处理后淀粉颗粒形成大雾滴,而无梗五加果浆形成小雾滴,从而造成喷雾时雾滴大小不均匀,无梗五加果浆形成的小雾滴在喷头附近形成负压区,导致其不断在喷头周围聚集并黏附在喷头上,易堵塞喷头,而淀粉颗粒形成的大雾滴不能得到彻底的干燥进而与干燥室的四周接触造成黏壁现象的发生; $\beta$ -环糊精和麦芽糊精作为助干剂有着极好的水溶性,形成的雾滴均匀,不会造成喷头堵塞,并且干燥较为彻底,黏壁现象不严重,不仅如此它们还可以起到很好的包埋作用,成粉效果好。由于  $\beta$ -环糊精较麦芽糊精成本高,最后确定选用麦芽糊精作为无梗五加果粉的助干剂。

表 1 助干剂种类对喷雾干燥效果的影响

助干剂种类	喷雾干燥效果			
	喷头	是否黏壁	复水速度	复水后风味
可溶性淀粉	易堵	少量	快速	有生粉味道
$\beta$ -环糊精	不堵	轻微	快速	无异味
麦芽糊精	不堵	轻微	快速	无异味

2.1.2 麦芽糊精用量的确定 由图 1 知,无梗五加果粉的集粉率随助干剂的添加比例增大而提高,且所得果粉溶解也越来越快。考虑到当无梗五加果浆固形物与麦芽糊精的质量比为 6 : 4、5 : 5 时,所得果粉颜色呈淡红色,偏离了产品的可接受感官色泽,因此选取果浆固形物与助干剂添加质量比为 7 : 3。

2.2 喷雾干燥法制备无梗五加果粉单因素试验

2.2.1 进料浓度对产品品质的影响 由图 2 可知,无梗五加果粉的集粉率随进料浓度的增加先提高后降低,当进料浓度大于 14% 时,料液黏度增加,不仅进料困难,还造成喷出的雾滴中的水分难以完全蒸发,黏附于干燥室四周引起黏壁现象,因此集粉率迅速下降,而溶解时间则不受进料浓度的影响保持基本不变。

2.2.2 进风温度对产品品质的影响 由图 3 知,无梗五加果粉的集粉率随进风温度的升高而提高,溶解时间越来越短。这主要是由于进风温度低导致雾滴干燥不完全,未完全干燥的雾滴接触干燥室四周造成黏壁现象,使收集的果粉量大大减少,而进风温度高,雾滴完全干燥,不易造成黏壁现象。但当进风温度超过 180 ℃ 后,料液中的糖分发生焦糖化反应,产生焦糊味,掩盖了无梗五加果的果香。

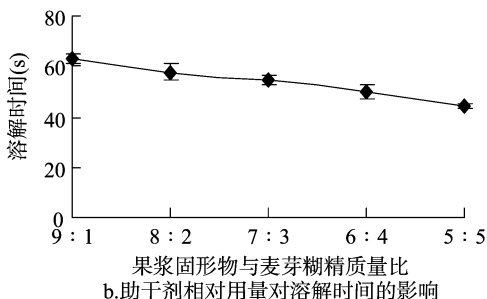
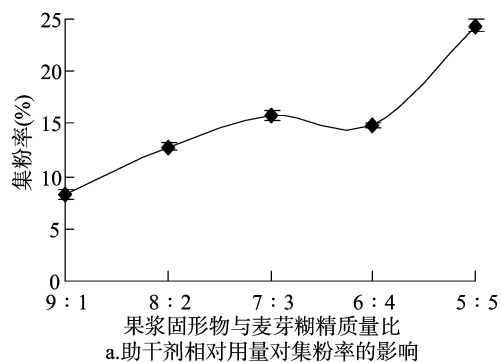


图1 无梗五加果浆固形物与麦芽糊精的质量比对集粉率和溶解时间的影响

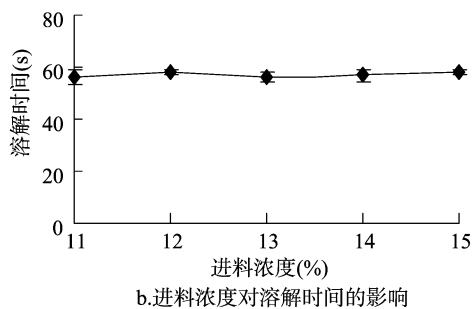
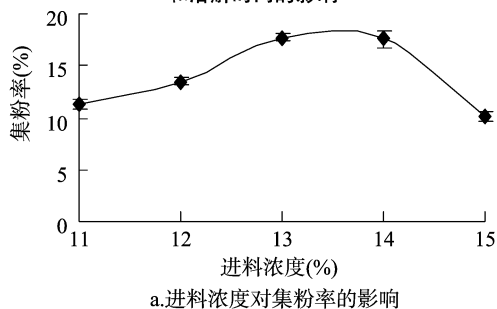


图2 进料浓度对集粉率和溶解时间的影响

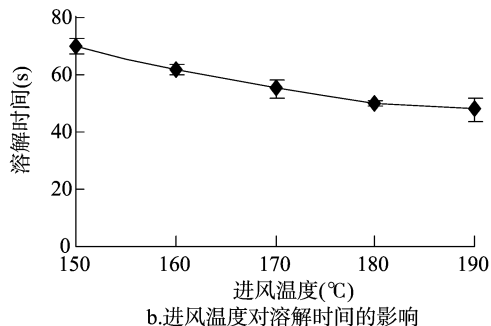
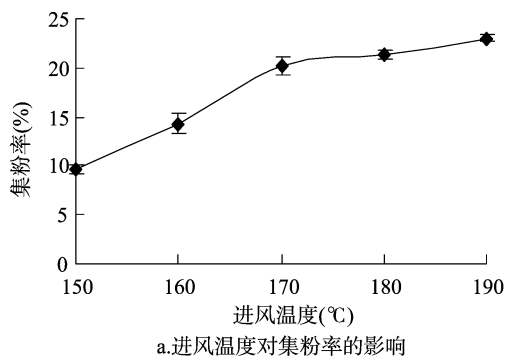


图3 进风温度对集粉率和溶解时间的影响

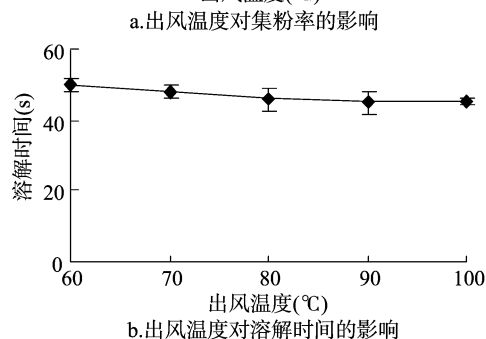
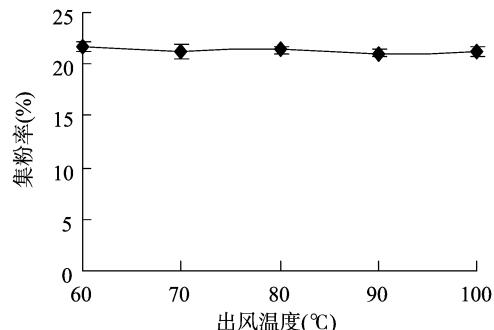


图4 出风温度对集粉率和溶解时间的影响

2.2.3 出风温度对产品品质的影响 由图4知,随出风温度的提高,无梗五加果粉集粉率、溶解时间基本保持不变,说明不受其影响。

2.2.4 蠕动泵转速对产品品质的影响 由图5知,无梗五加果粉的集粉率随蠕动泵转速增加呈现先提高后降低的趋势,溶解速度则呈现越来越慢的趋势。这主要是由于蠕动泵转速过快,物料形成雾滴过大,不能完全干燥,造成黏壁现象,甚至有流汤状态,且由于产品所含水分较多,造成溶解速度变慢。

### 2.3 正交试验优化喷雾干燥法制备无梗五加果粉工艺参数

选取进料浓度、进风温度、蠕动泵转速3个因素,采用 $L_9(3^3)$ 正交试验进一步优化确定喷雾干燥法生产无梗五加果粉的工艺参数。正交试验因素水平见表2。由表3极差分

析结果可知,影响积粉率的主次因素排序为B(进风温度) > A(进料浓度) > C(蠕动泵转速),喷雾干燥法制备无梗五加果粉集粉率最高的工艺参数组合为 $A_3B_3C_1$ ,即进料浓度14%,进风温度180℃,蠕动泵转速325 r/h。

由表4极差分析结果可知,影响溶解时间的主次因素排序为B(进风温度) > C(蠕动泵转速) > A(进料浓度),喷雾干燥制备无梗五加果粉溶解时间最少的工艺参数组合为 $A_2B_3C_1$ ,即进料浓度13%,进风温度180℃,蠕动泵转速325 r/h。

使用SPSS 19.0软件对表3和表4中试验数据进行方差分析,由表5可知,影响产品集粉率的因素按大小排序为B

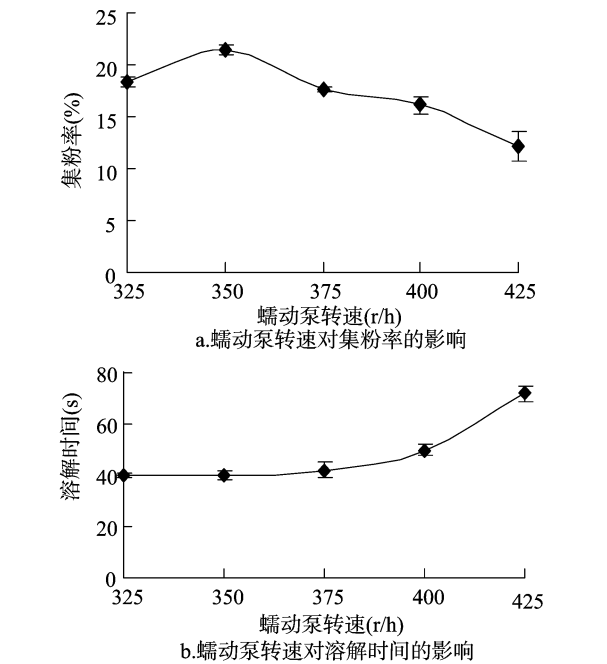


图5 蠕动泵转速对集粉率和溶解时间的影响

表 2 L<sub>9</sub>(3<sup>3</sup>) 正交试验因素水平

水平	因素		
	A:进料浓度 (%)	B:进风温度 (℃)	C:蠕动泵转速 (r/h)
1	12	160	325
2	13	170	350
3	14	180	375

表 3 集粉率正交试验结果

试验号	因素			集粉率 Y <sub>1</sub> (%)
	A:进料浓度 (%)	B:进风温度 (℃)	C:蠕动泵转速 (r/h)	
1	12	160	325	10.83
2	12	170	350	13.50
3	12	180	375	19.70
4	13	160	375	11.43
5	13	170	325	18.30
6	13	180	350	21.43
7	14	160	350	15.40
8	14	170	375	17.60
9	14	180	325	24.83
k <sub>1</sub>	14.68	12.55	17.99	
k <sub>2</sub>	17.05	16.47	16.78	
k <sub>3</sub>	19.28	21.99	16.24	
R	4.60	9.44	1.75	

(进风温度) > A(进料浓度) > C(蠕动泵转速),与表 3 极差分析结果一致。其中 B(进风温度)、A(进料浓度)影响极显

表 6 不同干燥方式制得的无梗五加果粉的品质

干燥方式	集粉率 (%)	含水量 (%)	溶解时间 (s)	感官评价	绿原酸含量 (mg/g)	金丝桃苷含量 (mg/g)
热风干燥	20.98 ± 0.32	4.03 ± 0.15	84.0 ± 4.3	深紫红色,粉质粗糙,有些许焦糊味	0.583 2	0.062 0
真空干燥	17.23 ± 0.48	4.89 ± 0.17	65.3 ± 3.0	深红棕色,粉质粗糙,有无梗五加果独有香气	0.603 5	0.246 7
喷雾干燥	24.83 ± 0.19	3.59 ± 0.29	38.3 ± 1.3	红棕色,粉质极其细腻,有无梗五加果独有香气	0.666 2	0.362 6

著,C(蠕动泵转速)影响不显著;影响产品溶解时间的因素按大小依次排序为 B(进风温度) > C(蠕动泵转速) > A(进料浓度),与表 4 极差分析结果一致。其中 B(进风温度)影响极显著,C(蠕动泵转速)影响显著,A(进料浓度)影响不显著。

表 4 溶解时间正交试验结果

试验号	因素			溶解时间 Y <sub>2</sub> (s)
	A:进料浓度 (%)	B:进风温度 (℃)	C:蠕动泵转速 (r/h)	
1	12	160	325	60.0
2	12	170	350	54.0
3	12	180	375	42.3
4	13	160	375	65.0
5	13	170	325	48.0
6	13	180	350	40.3
7	14	160	350	62.0
8	14	170	375	58.0
9	14	180	325	38.3
k <sub>1</sub>	52.10	62.33	48.77	
k <sub>2</sub>	51.10	53.33	52.10	
k <sub>3</sub>	52.77	40.30	55.10	
R	1.67	22.03	6.33	

由表 5 分析结果可知,进料浓度 A 对集粉率影响极显著,但对溶解时间影响不显著且最小,因此最终确定喷雾干燥法制备无梗五加果粉的工艺参数为 A<sub>3</sub>B<sub>3</sub>C<sub>1</sub>,即进料浓度 14%,进风温度 180℃,蠕动泵转速 325 r/h。

表 5 正交试验方差分析结果

类别	集粉率 $Y_1$			溶解时间 $Y_2$		
	$B$	平方和	$P$ 值	$B$	平方和	$P$ 值
(常量)	4.712		0.018	67.022		0.000
A	2.300		0.002	0.333		0.690
B	4.717		0.000	-11.017		0.000
C	-0.872		0.072	3.167		0.010
回归		169.780	0.000 <sup>a</sup>		789.035	0.000 <sup>a</sup>
残差		4.397			18.634	
总计		174.178			807.669	
$R^2$		0.975			0.977	

注:标有“a”的表示预测变量。

2.4 喷雾干燥法与其他干燥法制备无梗五加果粉产品品质比较

由表 6 可知,3 种不同干燥方式所得产品的品质各不相同。喷雾干燥法在产品集粉率、含水量及溶解时间方面均优于热风干燥法和真空干燥法。特别是由于喷雾干燥后的果粉颗粒小而颗粒间孔隙较大,结构松散有利于亲水基对水吸附溶解,因此溶解时间明显优于后两者。且喷雾干燥法制粉时料液与热空气接触瞬间雾化成粉,有利于保持无梗五加果粉鲜艳的色泽和香气,以及功能性成分绿原酸和金丝桃苷。

毕 博,孟庆龙,张连学,等. 玉竹药材不同品系、不同生长年限和不同部位挥发油化学成分的 GC-MS 分析[J]. 江苏农业科学,2016,44(11):333-336. doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.11.098

# 玉竹药材不同品系、不同生长年限和不同部位挥发油化学成分的 GC-MS 分析

毕 博<sup>1,3</sup>, 孟庆龙<sup>2</sup>, 张连学<sup>3</sup>, 王艳玲<sup>1</sup>, 张 影<sup>1</sup>, 奚广生<sup>1</sup>, 姜 珊<sup>1</sup>

(1. 吉林农业科技学院, 吉林吉林 132101; 2. 长春市南关区中医院, 吉林长春 130041; 3. 吉林农业大学, 吉林长春 130118)

**摘要:**为研究和分析玉竹药材不同品系、不同生长年限和不同部位挥发油的化学成分,以吉林省种植的大玉竹、圆叶玉竹及吉竹 1 号 1、2、3 年生根茎及果实为研究对象,采用水蒸气蒸馏法提取挥发油,应用气相色谱-质谱联用(简称 GC-MS)技术分析和鉴定其化学成分,并按峰面积归一化法获得各化合物的相对含量。结果表明:从大玉竹 1、2 年生根茎及果实挥发油中共鉴定化合物 7 种,其中共有成分 5 种;从圆叶玉竹 1、2、3 年生根茎及果实挥发油中共鉴定化合物 5 种,其中共有成分 2 种;从吉竹 1 号 1、2 年生根茎及果实挥发油中共鉴定化合物 19 种,其中共有成分 1 种;确定了丹皮酚为大玉竹挥发油区别于另 2 个品系玉竹挥发油的特有成分,六甲基环三硅氧烷为 3 个品系玉竹挥发油中共有成分。研究结果为玉竹品种选育、质量评价及后续产品的开发和利用提供了一定的科学依据。

**关键词:**玉竹;挥发油;GC-MS;化学成分;生长年限;部位

**中图分类号:** R284.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)11-0333-04

玉竹为百合科植物玉竹 [*Polygonatum odoratum* (Mill.) Druce] 的干燥根茎,在世界范围内主要分布于俄罗斯、蒙古、日本、朝鲜及其他一些欧亚国家,在我国境内的大部分地区广泛分布<sup>[1]</sup>。玉竹性平,味甘,具有养阴润燥、生津止渴的功效<sup>[2]</sup>。研究表明,玉竹的有效成分主要来源于其自身所含有

的多糖类、黄酮类、氨基酸类、挥发油类、甾体皂苷类及多种微量元素等物质,并且在降低血压、血糖、血脂,抗肿瘤、提高机体耐缺氧能力以及增强自身机体免疫能力等方面具有明显的药理作用和优势<sup>[3-4]</sup>。挥发油作为一类在常温状态下能够挥发、可以随水蒸气蒸馏并与水不相混的油状液体的总称<sup>[5]</sup>,是玉竹中所含有的主要活性成分之一,玉竹挥发油在积极用于临床生物制药的同时,还广泛应用于化妆品等相关领域<sup>[6]</sup>。目前,现有研究仅集中在玉竹根茎的挥发油成分分析,而对于玉竹其他部位以及不同品系和不同生长年限玉竹的挥发油成分研究尚未见文献报道。本研究采用气相色谱-质谱联用技术(简称 GS-MS),对玉竹药材不同品系、不同生长年限和不同部位挥发油的化学成分进行比较分析,以期对玉竹药材的综合利用奠定基础。

收稿日期:2015-09-18

基金项目:吉林省教育厅“十二五”科研规划资助项目(编号:教科合字(2012)301号)。

作者简介:毕 博(1982—),男,吉林四平人,博士研究生,讲师,主要从事药用植物栽培研究。Tel:(0432)63509572;E-mail:bibo1998@163.com。

通信作者:张连学,博士,教授,主要研究方向为药用植物栽培、育种。E-mail:435398002@qq.com。

## 3 结论

在单因素试验基础上,采用正交试验优化了喷雾干燥法制备无梗五加果粉的最优工艺参数,即助干剂选取麦芽糊精,果浆固形物与麦芽糊精质量比为 7:3,进料浓度为 14%,进风温度为 180℃,蠕动泵转速为 325 r/h。与热风干燥、真空干燥法制得的果粉相比,本产品得率高、含水量低、溶解快,较好地保持了原果的色泽、香气和功效成分绿原酸、金丝桃苷。

## 参考文献:

- [1] 高凤兰,孙振方,哈永年,等. 无梗五加原植物及其生态分布[J]. 中国中医药科技,1997,4(2):106.
- [2] 王莉飞,侯 微,孟庆福. 无梗五加果肉及其叶清除 DPPH 自由基能力初探[J]. 特产研究,2010(2):40-42.
- [3] Song Y, Yang C J, Yu K, et al. In vivo antithrombotic and antiplatelet

- activities of a quantified *Acanthopanax sessiliflorus* fruit extract [J]. Chinese Journal of Natural Medicines, 2011, 9(12):141-145.
- [4] Lee S H, Lee Y S, Jung S H, et al. Antitumor and immunostimulating activities of *Acanthopanax sessiliflorus* fruit [J]. Nature Product Science, 2003, 9(3):112-116.
- [5] 张 鹏,郑金萍,孙宝俊,等. 短梗五加系列产品的加工工艺[J]. 农产品加工学刊,2006(3):66-67.
- [6] 周家华,翟佳佳,王 强,等. 固体饮料的开发应用研究现状[J]. 农产品加工学刊,2009(5):14-17.
- [7] Truong V, Bhandari B R, Howes T. Optimization of cocurrent spray drying process for sugar-rich foods. Part II—Optimization of spray drying process based on glass transition concept[J]. Journal of Food Engineering, 2005, 71(1):66-72.
- [8] 李光锋,彭国平,张 智. 速溶女贞子的制备工艺研究[J]. 食品与机械,2010,26(2):129-131.