

# 玉米须配方颗粒的水煎工艺优化

谢彩侠\*, 刘蕊, 白雁, 谢惠英, 张迪文

河南中医学院, 郑州 450046

**摘要:** 优化玉米须配方颗粒的煎煮工艺, 提高配方颗粒中有效成分含量。以出膏率、多糖和总黄酮含量为指标, 考察液料比、浸泡时间、煎煮次数、煎煮时间对玉米须配方颗粒水煎工艺的影响。通过标准煎剂试验、正交试验和验证试验, 确定玉米须配方颗粒的最佳煎煮工艺液料比为 25:1, 浸泡 60 min, 煎煮 3 次, 每次 30 min。优选的玉米须配方颗粒煎煮工艺稳定、可靠。

**关键词:** 玉米须; 煎煮工艺; 多糖; 总黄酮

中图分类号: R917

文献标识码: A

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2015.03.034

## Optimization of Extraction Condition of *Stigma maydis*

XIE Cai-xia\*, LIU Rui, BAI Yan, XIE Hui-ying, ZHANG Di-wen

Henan University of Traditional Chinese Medicine, Zhengzhou 450046, China

**Abstract:** The objective of this study was to optimize the decoction process of *Stigma maydis* dispensing granule, and hence to increase the concentration of its effective composition. The effect of liquid-solid ratio, soaking time, times of boiling and boiling duration in the decoction process was investigated using quantity of extract, concentrations of polysaccharides and total flavonoids extracted out as indexes. Through standard decoction test, orthogonal test and validation test, the optimal decoction conditions were determined to be: 25 times of water, soaking 60 min, decoction for 3 times, each time 30 min. The optimized decoction process was proved to be stable and reliable.

**Key words:** *Stigmamaydis*; extraction process; polysaccharide; total flavonoid

玉米须 (*Stigma maydis*) 是禾本科玉蜀黍属植物玉米 (*Zeamays*L) 的干燥花柱和柱头<sup>[1]</sup>, 为《中华人民共和国卫生部药材标准》1985 版(一部)收录的常用药材品种之一。从玉米须分离及鉴定的化合物主要有黄酮及其苷类、生物碱、糖类、有机酸、微量元素及多种维生素等<sup>[2]</sup>, 现代药理<sup>[3-6]</sup>研究表明玉米须具有显著的抑菌、降血压、增强免疫、抗癌等功效。其水提物具有降血脂、降血压等作用<sup>[7]</sup>。目前, 有关玉米须配方颗粒的系统研究尚未报道, 本文以出膏率、多糖和总黄酮含量为考察指标, 采用正交试验对玉米须配方颗粒制备过程中玉米须的煎煮工艺进行研究, 确定最佳的煎煮条件, 以提高玉米须配方颗粒中有效成分的含量。

## 1 仪器与试药

### 1.1 仪器

WFZ UV-2000 紫外-可见分光光度计(优尼柯

仪器有限公司); 京立 LD 25-2 离心机(北京京立离心机有限公司); EYELA N-100 旋转蒸发器(上海爱朗仪器有限公司); SHZ-D(III) 型循环水式多用真空泵(巩义市予华仪器有限责任公司); 电磁炉 20-R6(合肥荣事达小家电有限公司); 水浴锅 SB-1100(上海爱郎仪器有限公司); FA2004A 型万分之一电子分析天平(上海精天电子仪器有限公司)。

### 1.2 试药

玉米须由河南 A、B、C 饮片厂提供; 甲醇、95% 乙醇、无水乙醇、硫酸、无水三氯化铝等均为分析纯。对照品分别为无水葡萄糖和芦丁(成都曼斯特生物科技有限公司, 批号 MUST-12040302)。

## 2 实验方法

### 2.1 水煎工艺流程

玉米须称重→清洗加水浸泡→煎煮→合并滤液→静置过夜→取上清液测定。

### 2.2 浸膏得率的测定

取煎煮液 200 mL 置于已干燥至恒重并称定质量 ( $W_1$ ) 的蒸发皿中, 水浴至干, 105 °C 干燥 3 h, 置

干燥器中冷却 30 min, 迅速称定其质量 ( $W_2$ ), 按下式计算浸膏得率, 以考察产率。

式中,  $V_{\text{提取液总}}$ : 提取液的总体积, mL;  $m_{\text{玉米须}}$ : 玉米须的重量, mg。

## 2.3 多糖含量测定方法的建立

### 2.3.1 供试品溶液制备

取玉米须水煎液 250 mL, 在一定温度浓缩, 加入 95% 乙醇, 使乙醇体积分数达到 60% ~ 90%, 4 ℃ 静置 24 h, 定量滤纸过滤, 自然干燥, 滤纸剪碎, 置于 150 mL 的锥形瓶中, 精密加入 50 mL 的蒸馏水, 90 ℃ 水浴 3 h, 取出, 蒸馏水补足重量, 混匀倒入 100 mL 的离心管中, 4000 rpm 离心 10 min, 取出, 精密吸取上清液 10 mL 于 50 mL 的容量瓶中, 蒸馏水定容, 即得供试品溶液。

### 2.3.2 对照品溶液制备

精密称取 105 ℃ 干燥至恒重的无水葡萄糖标准品 0.0998 g, 置于 100 mL 的容量瓶中, 加蒸馏水溶解并定容至刻度, 即得。

### 2.3.3 最大吸收波长的选择

按照 2.3.1 项下方法制备供试品溶液, 精密取 1.0 mL 置具塞试管中, 加 5% 苯酚溶液 0.8 mL 和浓硫酸 5.0 mL, 混匀后 40 ℃ 水浴 15 min, 以蒸馏水替代多糖溶液如上法配置空白溶液, 在 400 ~ 600 nm 范围内扫描, 确定最大吸收波长。对照品溶液和供试品溶液最大吸收波长均在 483 nm。

### 2.3.4 标准曲线的绘制

精密量取葡萄糖对照品溶液 1.0、2.0、3.0、4.0、5.0、6.0、7.0 mL 置于 100 mL 的容量瓶中, 蒸馏水定容至刻度, 摇匀, 得葡萄糖溶液的浓度分别为

9.98、19.96、29.94、39.92、49.90、59.88、69.86  $\mu\text{g}/\text{mL}$  的对照品溶液。分别量取上述葡萄糖标准溶液 2.0 mL 置具塞试管中, 按照 2.3.3 项下方法显色, 于 483 nm 波长处测定吸光度 ( $A$ ) 的值, 以吸光度为纵坐标, 葡萄糖溶液浓度为横坐标, 得回归方程:  $A = 0.0141C + 0.0717$ ,  $r = 0.9997$ , 表明葡萄糖在 10 ~ 70  $\mu\text{g}/\text{mL}$  的浓度范围内与吸光度呈良好线性关系。

### 2.3.5 精密度考察

按照 2.3.2 项下制备葡萄糖浓度为 29.94  $\mu\text{g}/\text{mL}$  溶液, 按照标准曲线制备项下方法操作, 连续测定 5 次, 考察其精密度, RSD 为 1.4%, 表明仪器精密度良好。

### 2.3.6 稳定性考察

精密量取供试品溶液 1.0 mL, 按照 2.3.3 项下操作, 每隔 30 min 测定 1 次, 连续 4 h 考察其稳定性, RSD 为 0.5%, 表明该试验方法在 4 h 稳定性良好。

### 2.3.7 重复性试验

取供试品溶液 6 份, 按 2.3.3 项下操作, 测定吸光度, 计算 RSD 为 1.4%, 表明该试验方法重复性良好。

### 2.3.8 加样回收率试验

平行量取玉米须水煎液 9 份, 精密加入葡萄糖对照品溶液适量, 加入的对照品与所取供试品中多糖的含量之比分别为 1.2:1、1:1、0.8:1, 每个比例平行做 3 份, 在 483 nm 测吸光度, 计算得平均回收率为 96.50%, RSD 值为 2.6%, 表明该实验方法准确性较高。结果见表 1。

表 1 加样回收率实验结果

Table 1 The results of recovery test

实验号 No.	取样量 Sample volume (mL)	样品含量 Original amount (g)	对照品加入量 Added amount (g)	吸光度 Absorbance	测得值 Detected amount (g)	回收率 Recovery (%)	平均回收率 Average recovery (%)	RSD (%)
1	125	0.1207	0.1448	0.503	0.2600	96.23		
2	125	0.1207	0.1448	0.501	0.2588	95.40		
3	125	0.1207	0.1448	0.509	0.2636	98.73		
4	125	0.1207	0.1207	0.458	0.2329	92.97		
5	125	0.1207	0.1207	0.462	0.2353	94.97	96.50	2.6
6	125	0.1207	0.1207	0.469	0.2395	98.47		
7	125	0.1207	0.0966	0.434	0.2184	101.19		
8	125	0.1207	0.0966	0.426	0.2136	96.20		
9	125	0.1207	0.0966	0.423	0.2118	94.33		

## 2.4 黄酮含量测定方法的建立

### 2.4.1 供试品溶液的制备

取玉米须水煎液 250 mL,在一定温度下减压浓缩,水浴至干,用 80% 甲醇溶解并定容至 50 mL 容量瓶,40 MHz、30 °C 下超声 60 min,摇匀过滤,续滤液作为供试品溶液。

### 2.4.2 对照品溶液的制备

精密称取芦丁对照品 20.0 mg,80% 甲醇溶解并定容至 100 mL 容量瓶,精密量取 20 mL 至 25 mL 容量瓶中,80% 甲醇定容,即得 0.16 mg/mL 的芦丁对照品溶液。

### 2.4.3 标准曲线的绘制

分别精密吸取芦丁对照品溶液 0.0、1.0、2.0、3.0、4.0、5.0 mL 置于 25 mL 容量瓶中,分别加入 0.1 mol/mL 的三氯化铝甲醇溶液 20 mL,80% 甲醇定容,以空白试剂作为参比液,放置 30 min 后,400 nm 波长处测定吸光度(A),以吸光度为纵坐标,以芦丁溶液的浓度为横坐标,得回归方程为: $A = 0.0232C - 0.0108$ ,  $r = 0.9992$ 。表明芦丁在 0 ~ 30 μg/mL 与吸光度线性关系良好。

### 2.4.4 精密度考察

精密吸取浓度为 0.16 μg/mL 的芦丁溶液 5.0 mL,共 5 份,按照标准曲线制备项下方法操作,考察其精密度,RSD 为 0.9%,表明精密度良好。

### 2.4.5 稳定性考察

精密量取 5.0 mL 的供试品溶液置于 25 mL 的容量瓶中,加入 20 mL 0.1 mol/mL 的三氯化铝甲醇溶液,摇匀。每隔 30 min 在 400 nm 下测定 1 次,连续 4 h 考察稳定性,RSD 为 1.0%,说明该试验方法在 4 h 稳定性良好。

### 2.4.6 重复性试验

取同一供试品溶液 6 份,按照 2.4.5 项下操作,测定吸光度,RSD 为 0.5%,表明该试验方法重复性良好。

### 2.4.7 加样回收率试验

平行量取玉米须水煎液 9 份,精密加入芦丁对照品适量,加入的对照品与所取供试品中总黄酮的含量之比分别为 1.2:1、1:1、0.8:1,每个比例平行做 3 份,测定吸光度,计算得平均回收率为 100.17%,RSD 值为 1.2%,表明该实验方法准确性较高。结果见表 2。

表 2 加样回收率试验结果  
Table 2 The results of recovery test

实验号 No.	取样量 Sample volume (mL)	样品含量 Original amount (g)	对照品加入量 Added amount (g)	吸光度 Absorbance	测得值 Detected amount (g)	回收率 Recovery (%)	平均回收率 Average recovery (%)	RSD (%)
1	125	2.95	3.54	0.588	6.45	98.94		
2	125	2.95	3.54	0.592	6.49	100.16		
3	125	2.95	3.54	0.596	6.54	101.38		
4	125	2.95	2.95	0.537	5.90	100.10		
5	125	2.95	2.95	0.536	5.89	99.74	100.17	1.2
6	125	2.95	2.95	0.540	5.91	101.20		
7	125	2.95	2.36	0.486	5.35	101.84		
8	125	2.95	2.36	0.482	5.31	100.02		
9	125	2.95	2.36	0.478	5.27	98.19		

## 2.5 单因素考察玉米须多糖和总黄酮的提取条件

### 2.5.1 单因素考察玉米须多糖的提取条件

考察样品处理方法(抽滤法、离心法)、浓缩温度(60、65、70、75、80 °C)、醇沉浓度(乙醇浓度 60、65、70、75、80、85、90%)对多糖提取的影响,得到最佳的提取条件。

### 2.5.2 单因素考察玉米须总黄酮的提取条件

考察溶剂种类(甲醇、乙醇)、溶剂浓度(60、70、

80、90、100%)、浓缩温度(60、65、70、75、80、85、90 °C)、超声时间(20、40、60 min)对总黄酮提取的影响,得到最佳的提取条件。

## 2.6 玉米须标准煎剂的制备

根据常规的中草药煎煮方法及前期预实验,制定玉米须标准煎煮方法:称取河南 C 饮片厂玉米须饮片 100g,清洗除杂,加入 25 倍水浸泡 1 h,煮沸调制文火煎煮 30 min,滤液过 100 目筛,煎煮三次,合并

滤液,静置过夜,得上清液。

## 2.7 煎煮工艺正交试验优化

选用煎煮次数(A)、煎煮时间(B)、液料比(C)为考察因素,以提取液出膏率、多糖和总黄酮含量为考察指标,通过 $L_9(3^3)$ 正交表实验优选出水提玉米须的最佳煎煮工艺条件,因素水平见表3。

称取河南C饮片厂玉米须饮片100g,采用 $L_9$

表3 正交试验因素水平表

Table 3 Factors and levels of orthogonal experiment

水平 Level	因素 Factor		
	(A)煎煮次数 Times of decoction	(B)煎煮时间 Decoction duration (min)	(C)加水倍数 Water added (multiples)
1	1	20	22
2	2	30	25
3	3	40	28

## 2.8 煎煮工艺验证实验

为了确定最佳煎煮工艺,将标准煎剂和正交试验中优化后的煎煮条件进行比较,分析比较是否具有显著性差异,确定最终煎煮工艺。取六份玉米须饮片,每份200g,其中三份按标准煎剂煎煮,另三份按优化后的煎煮方法进行提取,分别按照2.2、2.3、2.4项下测定出膏率,多糖和黄酮的含量。

## 3 结果与分析

### 3.1 玉米须水煎液中多糖提取条件的优化

#### 3.1.1 样品处理方法对多糖提取率的影响

##### 3.1.1.1 抽滤法

取玉米须水煎液250mL,75℃浓缩,加入95%乙醇使含醇量达到75%,平行四份,4℃静置24h。抽滤,沉淀依次用95%乙醇、无水乙醇、丙酮、乙醚洗涤,得玉米须粗多糖,60℃烘干。精密称取0.1g的粗多糖,用蒸馏水定容至100mL的容量瓶中,精密量取5.0mL于25mL的容量瓶中,蒸馏水定容,即得供试品溶液。精密量取1.0mL的供试品溶液于10mL的试管中,加入0.8mL5%的苯酚溶液和5.0mL的浓硫酸溶液,40℃水浴15min。在483nm处测定其吸光度,平行4份,吸光度分别为0.405、0.404、0.399、0.402,提取率分别为4.117%、4.148%、4.154%、4.117%。

##### 3.1.1.2 离心法

操作方法同2.3.1,平行四份,吸光度分别为0.409、0.407、0.411、0.405,提取率分别为5.169%、

(3<sup>3</sup>)正交表安排实验,共9个处理,每个处理重复三次,共27份,用流水冲去泥沙,然后加不同倍数的水,浸泡1h后按照正交实验方案进行煎煮,煎煮液通过100目筛,合并煎液,静置过夜后,对总体积进行测量,分别按照2.2、2.3、2.4项对出膏率、黄酮和多糖含量进行测定。

5.143%、5.194%、5.118%。

由此可知,采用抽滤法时玉米须多糖的平均提取率为4.134%,而离心法的提取率为5.156%。离心法所得到的提取率更高,因此,采用离心法对样品进行处理。

#### 3.1.2 乙醇浓度对玉米须多糖提取率的影响

按照2.3.1项下制备供试品溶液,在同等条件下,考察不同的乙醇浓度对多糖的提取率的影响,每个浓度重复4次,取其平均值,结果见图1。

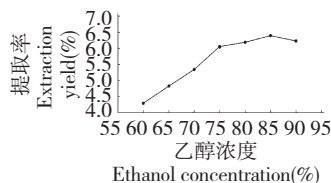


图1 乙醇浓度对多糖提取率的影响

Fig. 1 Effect of ethanol concentration on extraction yield of polysaccharide

由图1可知,随着乙醇的浓度增大,玉米须多糖的提取率也随之增加,当乙醇浓度达到75%时,多糖提取率的影响变化不大,因此,乙醇浓度选择75%为最佳。

#### 3.1.3 浓缩温度对玉米须多糖提取率的影响

按照2.3.1项下制备供试品溶液,在同等条件下,考察浓缩温度对多糖提取率的影响,每个温度重复4次,取其平均值,浓缩温度与多糖提取率的关系如图2。

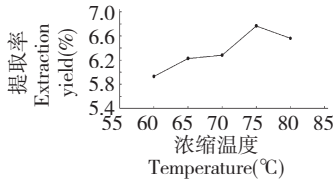


图2 浓缩温度对多糖提取率的影响

Fig. 2 Effect of concentrating temperature on extraction yield of polysaccharide

由图2可知,随着浓缩温度的升高,多糖的提取率逐渐增大,但是当温度达到75℃时,提取率的变化差别较小。

### 3.2 玉米须水煎液中总黄酮提取条件的优化

#### 3.2.1 不同溶剂对总黄酮提取率的影响

分别取250 mL玉米须水煎液8份,80℃减压浓缩,浓缩液水浴至干,其中四份用80%甲醇转移至50 mL容量瓶定容,另外四份用80%乙醇转移至50 mL容量瓶定容,40 MHz、30℃下超声60 min,过滤。分别精密量取滤液5 mL于25 mL容量瓶中,精密加入0.1 mol/mL的三氯化铝甲醇溶液20 mL,30 min后在400 nm下测定其吸光度。计算得出80%甲醇的平均提取率为0.126%,80%乙醇的平均提取率为0.089%。因此本试验选择甲醇进行提取。

#### 3.2.2 溶剂浓度对总黄酮提取率的影响

取250 mL玉米须水煎液,80℃减压浓缩,浓缩液水浴至干,用不同浓度的甲醇溶解并转移至50 mL容量瓶定容,40 MHz、30℃下超声60 min,过滤。精密量取续滤液5 mL于25 mL容量瓶,精密加入0.1 mol/mL的三氯化铝甲醇溶液20 mL,30 min后在400 nm下测定其吸光度,计算总黄酮的提取率。每个浓度重复测定4次,取其平均值。结果如图3所示。

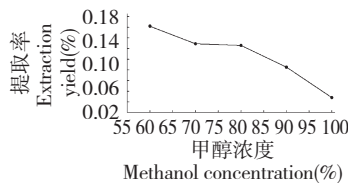


图3 溶剂浓度对总黄酮提取的影响

Fig. 3 Effect of methanol concentration on extraction yield of total flavonoids

由图3可知,低浓度甲醇总黄酮提取率高,但在反应过程中容易发生沉淀,稳定性较差,而玉米须中黄酮类化合物的极性较大,高浓度的甲醇不利于玉

米须中一些水溶性黄酮及极性较小的黄酮苷元的提取,因此,综合考虑选择溶剂的浓度为80%。

#### 3.2.3 浓缩温度对总黄酮的提取率影响

取250 mL玉米须水煎液,考察不同浓缩温度下总黄酮的提取率,每个温度重复4次,取其平均值,结果如图4所示。

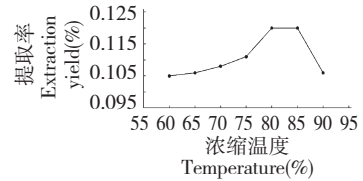


图4 浓缩温度对总黄酮的提取率影响

Fig. 4 Effect of concentrating temperature on extraction yield of total flavonoids

由图4可知,在同等条件下,随着浓缩温度的升高,黄酮的提取率逐渐增大,但当温度达到80℃时,提取率趋于平缓。

#### 3.2.4 超声时间对总黄酮提取率的影响

取250 mL玉米须水煎液,在同等条件下,40 MHz、30℃下超声不同时间,测定吸光度,计算提取液总黄酮的提取率。每个超声时间平行测定4次,取其平均值,结果如图5所示。

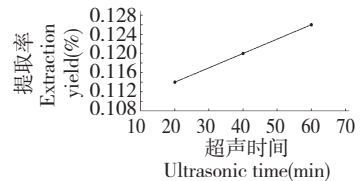


图5 超声时间对总黄酮提取率的影响

Fig. 5 Effect of ultrasonic time on extraction yield of total flavonoids

由图5可知,随着超声时间的不断增加,玉米须的总黄酮得率不断升高,当超声时间为60 min时,总黄酮的提取率相对较高。

### 3.3 煎煮工艺优化

由SPSS软件分析得到的正交试验方差分析结果得知,煎煮次数对出膏率、多糖和黄酮的含量有显著影响( $P$ 值较小),各因素在所选水平上对玉米须提取效果的影响为:煎煮次数(A) > 加水倍数(C) > 煎煮时间(B),综合考虑各考察因素,因素A选3,因素B选2,因素C选3,即最佳提取工艺是:加28倍水,浸泡1 h,煎煮3次,每次煎煮30 min。

表 4 正交试验结果  
Table 4 Results of orthogonal test

试验号 No.	A	B	C	出膏率 Rate of extract to raw material (%)	黄酮含量 Content of flavonoid (mg/g)	多糖含量 Content of polysaccharide (mg/g)
1	1	1	1	9.4	1.17	9.48
2	2	2	1	12.5	1.52	14.60
3	3	3	1	15.9	1.82	17.29
4	1	2	2	11.25	1.24	10.00
5	2	3	2	14.24	1.86	15.63
6	3	1	2	16.16	1.74	13.07
7	1	3	3	12.18	1.51	11.70
8	2	1	3	14.38	1.81	16.52
9	3	2	3	17.62	2.20	18.47

表 5 方差分析结果  
Table 5 Results of variance analysis

因素 Factors	因变量 Dependent variable	SS	df	S <sup>2</sup>	F	P	结论 Conclusion
煎煮次数 Times of decoction	黄酮含量 Content of flavonoid	5840.37	2	2920.18	14.27	0.065	主要因素 Main factors
	多糖含量 Content of polysaccharide	674049	2	337024	74.93	0.013	
	出膏率 Rate of extract to raw material	0.005	2	0.002	567.62	0.002	
煎煮时间 Decoction duration	黄酮含量 Content of flavonoid	371.35	2	185.67	0.91	0.524	
	多糖含量 Content of polysaccharide	213212	2	10661	2.37	0.297	
	出膏率 Rate of extract to raw material	0	2	5.07E-05	12.07	0.076	
液料比 Liquid-to-solid ratio	黄酮含量 Content of flavonoid	1766.9	2	883.46	4.32	0.188	
	多糖含量 Content of polysaccharide	42014.9	2	21007.4	4.67	0.176	
	出膏率 Rate of extract to raw material	0.001	2	0	77.85	0.013	
误差 error	黄酮含量 Content of flavonoid	409.27	2	204.63			
	多糖含量 Content of polysaccharide	8995.87	2	4497.94			
	出膏率 Rate of extract to raw material	8.41E-06	2	4.20E-06			

注:  $F_{0.05}(2,2) = 19, F_{0.01}(2,2) = 99$ 。

Note:  $F_{0.05}(2,2) = 19, F_{0.01}(2,2) = 99$ .

表 6 标准煎剂和正交优化煎煮方法结果比较  
Table 6 Comparison of standard decoction method and optimized decoction method

试验号 No.	多糖含量 Content of polysaccharide (mg/g)	黄酮含量 Content of flavonoid (mg/g)	平均出膏率 Average rate of extract to raw material (%)	加权值 Weighted value	平均值 Average	SR	T
1-1	25.25	1.75	15.90	2.12	2.007	0.184	1.32
1-2	21.90	1.56	15.90	1.85			
1-3	27.10	1.47	15.98	2.26			
2-1	27.20	2.94	16.51	2.33	2.276		
2-2	28.30	2.63	16.83	2.4			
2-3	24.45	2.51	16.83	2.1			

### 3.4 煎煮工艺验证实验

称取相同重量的玉米须饮片各 200 g, 分别按照标准煎剂(1)和正交试验所得的最佳煎煮条件(2)进行煎煮, 分别计算出膏率, 总黄酮和多糖含量, 各处理重复三次, 并进行显著性分析, 确定最终的煎煮条件, 结果见表 6。

在验证试验中将标准煎剂和优化后煎煮方法进行显著性差异分析, 出膏率、黄酮和多糖含量分别按照 20%、40%、40% 为权重得到每一组的加权平均数, 采用  $t$  检验, 查表知  $f=4$  时, 90% 的置信区间  $t=2.13$ , 因此标准煎剂和最优煎煮条件比较, 无显著性差异, 故选择标准煎剂作为玉米须的煎煮条件。

## 4 讨论

作为玉米副产物的玉米须资源十分丰富, 但目前对它的开发利用非常有限, 仅少量入药外, 大部分被白白丢弃, 鉴于玉米须有明显的药理价值, 本实验采用正交试验对玉米须配方颗粒的煎煮工艺进行优化, 并进行验证, 结果表明, 该工艺稳定、可靠, 且有效成分的提取率高, 为配方颗粒的制备提供依据。

另外, 本实验研究了不同条件对玉米须多糖和总黄酮提取率的影响。结果表明, 在一定范围内, 玉米须多糖提取率随着醇沉浓度的增加而增加, 用低浓度乙醇沉淀时, 多糖的得率较低, 沉淀下来的可能是高分子量的多糖; 用中等浓度乙醇沉淀时, 多糖的得率较高。沉淀下来的可能是中等分子量的多糖; 而用更高浓度乙醇沉淀时, 多糖的得率又较低, 沉淀下来的可能是较小分子量的多糖和低聚糖。在乙醇浓度达到 75% 时, 对玉米须多糖提取率的影响趋于平缓。综合考虑多种因素, 选择最佳乙醇浓度为 75%。在一定范围内, 玉米须多糖的提取率随着

浓缩温度的升高而增加, 但是当浓缩温度达到 75 °C 时, 提取率的提高趋于平缓。高温会破坏多糖的结构, 影响其活性, 同时高温浓缩对工业化生产设备的要求更为严格, 所以, 浓缩温度选择 75 °C 较为合理。

### 参考文献

- Zhang YG(张育光). Stigma of chemical constituents, pharmacological effects and application were reviewed. *ChinaMod Dis Edu Chin Med*(中国中医药现代远程教育), 2007, 5(2):34-35.
- Kuang X(匡轩), Kuang R(匡芮), Zhu HT(朱海涛), et al. The chemical composition of corn and pharmacological care functions. *Food Nutri China*(中国食物与营养), 2007, 4:46-48.
- Zheng HY(郑鸿雁), Min WH(闵伟红), Chang YQ(昌友权), et al. The experimental study of SMPS in the regulation of immune function. *Food Sci*(食品科学), 2004, 25:291-293.
- Liu J(刘娟), Han XQ(韩晓强), Jiang B(姜博). Mechanism of polysaccharide from *Stigma maydis* for diabetes mellitus. *Tradit Chin Drug Res Clin Pharm*(中药新药与临床药理), 2006, 17:242-244.
- Chen YJ(陈艳军), Gao XZ(高旭珍), Guan DY(关大勇), et al. Study on the pharmacodynamic of ethanol extracts from *Lonicera japonica* in rats with hepatic fibaosis. *China J Exp Tradit Med Form*(中国实验方剂学杂志), 2012, 18:195-198.
- Dou CB(窦传斌), Dou J(杜娟), Xu QT(许启泰). Study on diuretic effect of stigms polysaccharide. *J Henan Univ, Med Sci*(河南大学学报, 医学版), 2007, 26(3):35-37.
- Ye SY(叶盛英), Gao WY(高文远). Traditional Chinese medicine (TCM) to generate research progress. *Chin Tradit Pat Med*(中成药), 2008, 30:745-748.

(上接第 557 页)

- Bao J(包俊), Long ZH(龙正海). The study on radioprotective effect of flavonoids from *Houttuynia cordata*. *Chin Arch Tradit Chin Med*(中华中医药学刊), 2010, 28:1747.
- Bao YM(暴悦梅), et al. Study on Proanthocyanidins from grape seeds. *Food Res Dev*(食品研究与开发), 2010, 1:185-186.
- Zhang Q(张倩), et al. Effect of procyanidins and catechin

on irradiation injured mice. *China Food Addit*(中国食品添加剂), 2014, 4:80-85.

- Lin L(刘琳), et al. Research progress of steroid anti radiation drugs. *Herald Med*(药学导报), 2010, 29:744-746.
- Wang K(王恺), et al. Research progress of radiation protection agent. *Carcinogenesis Teratogenesis Mutagenesis*(癌变. 畸变. 突变), 2014, 2:157-160.