

翁艳英,张贞发,曾振芳,等. 木棉不同部位总黄酮的减压内部沸腾提取及抗氧化性研究[J]. 江苏农业科学,2016,44(9):293-297.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.09.084

# 木棉不同部位总黄酮的减压内部沸腾提取及抗氧化性研究

翁艳英,张贞发,曾振芳,苏秀芳,钟燕凤

(广西民族师范学院化学与生物工程系/广西高校桂西南特色植物资源化学重点实验室培育基地,广西崇左 532200)

**摘要:**为优化木棉花和木棉树皮总黄酮的减压内部沸腾提取工艺,提高总黄酮提取率,采用单因素试验的方法,考察解吸剂浓度、解吸时间、提取剂浓度、提取时间、提取温度及提取剂用量等 6 个因素对提取效果的影响,结果表明:木棉花用 20% 乙醇 2.5 mL/g 解吸 15 min,30% 乙醇 120 mL/g 在 50 ℃ 和 0.035 MPa 下提取 6 min,提取 2 次,提取率达到 1.81%;木棉树皮用 40% 乙醇 2.5 mL/g 解吸 25 min,30% 乙醇 50 mL/g 在 50 ℃ 和 0.035 MPa 下提取 2 次,每次 5 min,提取率达到 17.70%,而且木棉树皮总黄酮提取率是木棉花总黄酮的 9.78 倍。与传统醇回流提取相比,木棉花和树皮的总黄酮提取率分别提高了 0.06、1.00 百分点,但提取时间分别缩短了 78、60 min,提取温度降低了 34.7 ℃。减压内部沸腾提取的木棉树皮总黄酮抗氧化性研究表明,木棉树皮总黄酮对超氧阴离子、亚硝基的清除能力较强,清除率最高达到 76.82%、78.33%。减压内部沸腾法快速高效,用于木棉不同部位总黄酮的提取效果良好,木棉树皮总黄酮具有较强的抗氧化活性。

**关键词:**木棉花;木棉树皮;减压内部沸腾提取;总黄酮;抗氧化性

**中图分类号:**R284.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2016)09-0293-04

木棉分布于我国广东、广西、云南等省区,系一种常规的药用植物,其叶、树皮、花等均可入药,含有多重药效成分,特别富含黄酮类化合物<sup>[1]</sup>。研究表明,黄酮类化合物具有很多药效作用,特别是抗氧化性,将是一类良好的天然抗氧化剂<sup>[2-5]</sup>。目前,对木棉的研究集中在化学成分<sup>[6-7]</sup>和提取方法方面,而提取木棉成分的方法主要包括回流提取<sup>[8]</sup>和超声波提取<sup>[9]</sup>等,提取时间长,而且对提取液中黄酮类成分的抗氧化性研究很少。近年来,减压内部沸腾法已经成功应用到多种药用植物黄酮成分的提取研究<sup>[10-13]</sup>,并取得了较好的提取效果,该法主要是在乙醇溶液对物料进行解吸后减压低温快速提取,发生的内部沸腾强化了提取过程<sup>[14]</sup>。本研究以木棉为原料,对木棉花和木棉树皮总黄酮进行减压内部沸腾提取研究;对木棉皮减压内部沸腾提取液进行抗氧化性测定试验。减压内部沸腾法短时间的低温提取,可更好保留植物有效成分的原有生物活性,提高植物资源的开发利用价值,将为木棉及其他药用植物的后续开发提供良好的理论依据,为天然抗氧化剂的开发打下基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

收稿日期:2016-03-07

基金项目:广西教育厅高校科研资助项目(编号:YB2014416);2014 年广西民族师范学院校级学科专业带头人科研启动项目(编号:2014RCDT001)。

作者简介:翁艳英(1985—),女,广西钦州人,硕士,讲师,研究方向为天然产物提取纯化。E-mail:wengwengay45@126.com。

通信作者:苏秀芳,硕士,教授,研究方向为天然产物活性成分的提取分离及活性。E-mail:suxiufang\_88@sina.com。

木棉花和木棉树皮,采自广西崇左市周边;芸香苷,购自上海金穗生物科技有限公司;1,1-二苯基-2-三硝基苯酚(DPPH),购自美国 Sigma 公司;邻二氮菲、硫酸亚铁、对氨基苯磺酸,购自天津市光复科技发展有限公司;邻苯三酚、双氧水,购自成都市科龙化工试剂厂;盐酸萘乙二胺、三羟甲基氨基甲烷,购自上海润捷化学试剂有限公司;维生素 C,购自国药集团,分析纯。超级恒温水浴锅,南京南大万和科技有限公司;旋转蒸发器,上海亚荣生化仪器厂;可见分光光度计,上海舜宇恒平科学仪器有限公司;数显恒温水浴锅,金坛市医疗仪器厂;电子天平,梅特勒托利多仪器有限公司。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 减压内部沸腾提取

1.2.1.1 木棉花总黄酮的减压内部沸腾提取 称取 1.00 g 木棉花粉末,用 2.5 mL 一定浓度的乙醇溶液均匀解吸一段时间,使乙醇溶液充分渗透木棉花粉末,加入一定体积一定温度某浓度的乙醇溶液,迅速减压至内部沸腾(物料表面产生小气泡)<sup>[15]</sup>,提取若干分钟,抽滤,滤渣重复提取 1 次,合并滤液,取 5 mL 滤液显色测定总黄酮含量,计算木棉花总黄酮提取率。

1.2.1.2 木棉树皮总黄酮的减压内部沸腾提取 称取 2.00 g 木棉树皮粉末,用 5 mL 一定浓度的乙醇溶液均匀解吸若干分钟,参照“1.2.1.1”节步骤提取,取 5 mL 滤液显色测定总黄酮含量,计算木棉树皮总黄酮提取率。

1.2.2 总黄酮测定方法 参照文献[13]的亚硝酸钠-硝酸铝显色法测定总黄酮含量,绘制芸香苷标准曲线为  $D = 10.062C + 0.0107$ ,其中  $r^2 = 0.9993$ ,线性范围在 4 ~ 62.4 μg/mL,并计算木棉总黄酮提取率。提取率 =  $\frac{C \times V \times K}{10^3 \times m} \times$

100%, 式中:  $m$  为称取的木棉皮粉末的质量, g;  $C$  为提取液的浓度, mg/mL;  $V$  为提取液的总体积, mL;  $K$  为提取液稀释的倍数。

### 1.2.3 单因素试验

1.2.3.1 木棉花总黄酮的单因素试验 根据“1.2.1.1”节提取木棉花总黄酮, 提取条件分别固定。固定条件为 1.00 g 木棉花粉末, 解吸时间为 20 min, 提取温度为 50 ℃, 100 mL 30% 乙醇提取 5 min, 提取 2 次, 考察不同解吸剂乙醇浓度 (10%、20%、30%、40%、50%、60%) 对总黄酮提取率的影响; 固定条件为 1.00 g 木棉花粉末, 解吸剂浓度为 20%, 提取温度为 50 ℃, 100 mL 30% 乙醇提取 5 min, 提取 2 次, 考察不同解吸时间 (5、10、15、20、25、30 min) 对总黄酮提取率的影响; 固定条件为 1.00 g 木棉花粉末, 解吸剂浓度为 20%, 解吸 15 min, 提取温度为 50 ℃, 100 mL 30% 乙醇提取 2 次, 考察不同提取时间 (2、4、6、8、10 min) 对总黄酮提取率的影响; 固定条件为 1.00 g 木棉花粉末, 20% 乙醇解吸 15 min, 提取温度为 50 ℃, 100 mL 乙醇提取 6 min, 提取 2 次, 考察不同乙醇浓度 (20%、30%、40%、50%、60%) 对总黄酮提取率的影响; 固定条件为 1.00 g 木棉花粉末, 20% 乙醇解吸 15 min, 100 mL 30% 乙醇提取 6 min, 提取 2 次, 考察不同温度 (30、40、50、60、70 ℃) 对总黄酮提取率的影响; 固定条件为 1.00 g 木棉花粉末, 20% 乙醇解吸 15 min, 提取温度为 50 ℃, 30% 乙醇提取 6 min, 提取 2 次, 考察不同提取剂用量 (40、60、80、100、120、140 mL) 对总黄酮提取率的影响。

1.2.3.2 木棉树皮总黄酮的单因素试验 根据“1.2.1.2”节提取木棉树皮总黄酮, 提取条件分别固定。固定条件为 2.00 g 木棉树皮粉末, 解吸时间为 20 min, 提取温度为 50 ℃, 100 mL 30% 乙醇提取 5 min, 提取 2 次, 考察不同解吸剂乙醇浓度 (20%、30%、40%、50%、60%) 对总黄酮提取率的影响; 固定条件为 2.00 g 木棉树皮粉末, 解吸剂浓度为 40%, 提取温度为 50 ℃, 100 mL 30% 乙醇提取 5 min, 提取 2 次, 考察不同解吸时间 (5、10、15、20、25、30 min) 对总黄酮提取率的影响; 固定条件为 2.00 g 木棉树皮粉末, 40% 乙醇解吸 25 min, 提取温度为 50 ℃, 100 mL 30% 乙醇提取 2 次, 考察不同提取时间 (3、5、7、9、11 min) 对总黄酮提取率的影响; 固定条件为 2.00 g 木棉树皮粉末, 40% 乙醇解吸 25 min, 提取温度为 50 ℃, 100 mL 提取剂提取 5 min, 提取 2 次, 考察不同提取剂浓度 (20%、30%、40%、50%、60%) 对总黄酮提取率的影响; 固定条件为 2.00 g 木棉树皮粉末, 40% 乙醇解吸 25 min, 100 mL 30% 乙醇提取 5 min, 提取 2 次, 考察不同温度 (30、40、50、60、70 ℃) 对总黄酮提取率的影响; 固定条件为 2.00 g 木棉树皮粉末, 40% 乙醇解吸 25 min, 提取温度为 50 ℃, 30% 乙醇提取 5 min, 提取 2 次, 考察不同提取剂用量 (40、60、80、100、120、140 mL) 对总黄酮提取率的影响。

1.2.4 传统醇提 按照减压内部沸腾提取木棉花、木棉树皮总黄酮的最佳条件回流提取 1 h 后抽滤, 滤渣重复回流提取 1 h, 合并 2 次滤液, 显色法测定总黄酮的含量, 计算总黄酮提取率, 并保留木棉树皮总黄酮的提取液进行抗氧化性测定。

### 1.2.5 木棉树皮总黄酮的抗氧化性测定<sup>[16]</sup>

1.2.5.1 DPPH 自由基清除率的测定 配制不同浓度的木棉树皮总黄酮样品溶液, 取样品溶液 2.00 mL, 加入 2.00 mL

0.3 mmol/L 的 DPPH 溶液作为待测组; 无水乙醇取代 DPPH 溶液作为对照组; 同体积 DPPH 溶液加无水乙醇作为空白组, 摇匀后避光静置 30 min, 分别在 517 nm 处测定, 吸光度分别记为  $D_{\text{测}}$ 、 $D_{\text{对}}$ 、 $D_{\text{空}}$ 。维生素 C 作阳性对照, 清除率计算公式:

$$\text{DPPH 自由基清除率} = \frac{1 - (D_{\text{测}} - D_{\text{空}})}{D_{\text{对}}} \times 100\%。$$

1.2.5.2 超氧阴离子清除率的测定 配制不同浓度的木棉树皮总黄酮样品溶液, 在 10 mL 比色管中加入 5.00 mL 的 Tris-HCl 缓冲溶液, 加 1.00 mL 样品液, 25 ℃ 恒温水浴 10 min, 再加入同温的邻苯三酚 0.20 mL, 蒸馏水定容, 迅速摇匀后立即在 420 nm 处每隔 30 s 测 1 次吸光度, 测定 4 min。等体积 10 mmol/L HCl 取代邻苯三酚作为空白组, 等体积蒸馏水取代样品液作为对照组。维生素 C 作阳性对照, 清除率计算公式:

$$\text{O}_2^- \cdot \text{清除率} = \frac{V_{\text{对}} - V_{\text{样}}}{V_{\text{对}}} \times 100\%。$$

式中:  $V_{\text{样}}$  为样品组在 420 nm 处吸光度变化曲线的斜率;  $V_{\text{对}}$  为对照组在 420 nm 处吸光度变化曲线的斜率。

1.2.5.3 羟基自由基清除率的测定 配制不同浓度的木棉树皮总黄酮样品溶液, 取 1.00 mL 样品溶液加入 1.00 mL 7.5 mmol/L 邻二氮菲溶液, 再加 5.00 mL 50 mmol/L PBS 磷酸缓冲液、0.50 mL 7.5 mmol/L  $\text{FeSO}_4$  溶液及 1.00 mL 0.1%  $\text{H}_2\text{O}_2$ , 蒸馏水定容, 摇匀后 37 ℃ 恒温水浴 60 min, 510 nm 处测定吸光度, 记为  $D_{\text{样}}$ 。蒸馏水代替样品液作为对照组, 吸光度记为  $D_{\text{对}}$ ; 蒸馏水代替样品液和  $\text{H}_2\text{O}_2$  作为空白组, 吸光度记为  $D_{\text{空}}$ 。维生素 C 作阳性对照, 清除率计算公式:

$$\cdot \text{OH 清除率} = \frac{D_{\text{样}} - D_{\text{对}}}{D_{\text{空}} - D_{\text{对}}} \times 100\%。$$

1.2.5.4 亚硝基清除率的测定 (1)  $\text{NaNO}_2$  标准曲线的绘制: 准确配制 10  $\mu\text{g/mL}$   $\text{NaNO}_2$  水溶液, 分别取 0.00、1.00、2.00、3.00、4.00、5.00 mL 于 50 mL 容量瓶, 加入 30 mL 蒸馏水, 再加 2.00 mL 4 g/L 对氨基苯磺酸溶液, 摇匀后静置 5 min, 再加入 1.00 mL 2 g/L 盐酸萘乙二胺溶液, 蒸馏水定容, 摇匀, 静置 15 min, 540 nm 处测定吸光度。以  $\text{NaNO}_2$  浓度为横坐标, 吸光度为纵坐标绘制标准曲线, 曲线方程为:  $D = 0.744C + 0.0708$  ( $r^2 = 0.9994$ )。(2) 亚硝基清除率测定: 配制不同浓度的木棉树皮总黄酮样品溶液, 在 10 mL 比色管中加入 1.00 mL 样品液和 2.00 mL 亚硝酸钠溶液, 柠檬酸缓冲液补充至 5.00 mL, 37 ℃ 恒水浴 60 min, 取出后在 540 nm 处测定吸光度, 根据  $\text{NaNO}_2$  标准曲线计算  $\text{NaNO}_2$  浓度, 记为  $C_{\text{样}}$ ; 蒸馏水代替样品液作为标准组,  $\text{NaNO}_2$  浓度记为  $C_{\text{标}}$ 。维生素 C 作阳性对照, 清除率计算公式:

$$\text{亚硝基}(\text{NO}_2^-) \text{清除率} = \frac{C_{\text{标}} - C_{\text{样}}}{C_{\text{标}}} \times 100\%。$$

## 2 结果与分析

### 2.1 单因素试验

2.1.1 解吸剂浓度对总黄酮提取率的影响 由图 1 可知, 随着解吸剂浓度的增加, 木棉花和木棉树皮总黄酮提取率都呈先增后减的趋势, 在 20% 处木棉花总黄酮提取率达到最大值, 在 40% 处木棉树皮总黄酮提取率达到最大值, 继续增加

乙醇浓度,可能会影响到乙醇与植物细胞的相溶性,导致木棉中黄酮成分溶解不够充分。

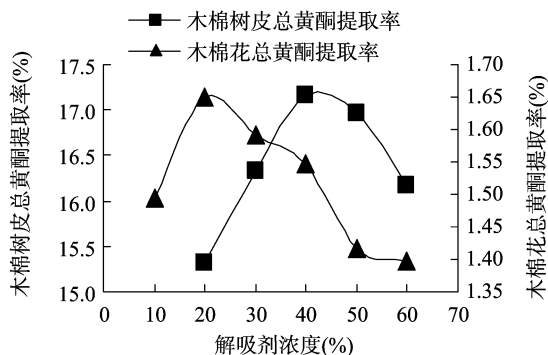


图1 解吸剂浓度对总黄酮提取率的影响

2.1.2 解吸时间对总黄酮提取率的影响 由图2可知,随着解吸时间的增加,木棉花总黄酮提取率呈先增后减的趋势,解吸15 min时提取率达到最大值,当乙醇溶液已经充分渗透到物料内部,再继续增加解吸时间,会增加其他成分的溶出,造成提取率下降;当解吸25 min时木棉树皮总黄酮提取率达到最大值,已经达到饱和,已经没有必要增加解吸时间。

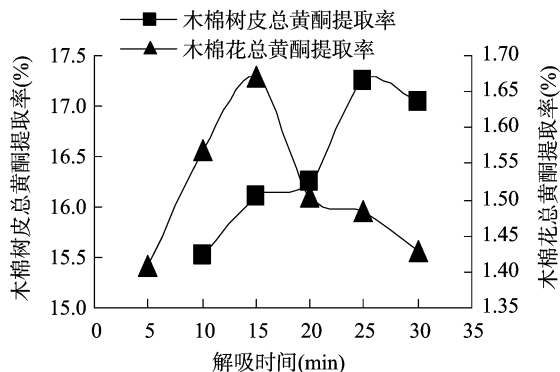


图2 解吸时间对总黄酮提取率的影响

2.1.3 提取时间对总黄酮提取率的影响 由图3可看出,木棉花和木棉树皮的总黄酮分别在6 min时、5 min时已经提取完全,主要是因为内部沸腾提取传质过程属于对流扩散过程,提取速度是普通分子扩散的100倍<sup>[17]</sup>。继续增加提取时间,会增加其他成分的溶出率。

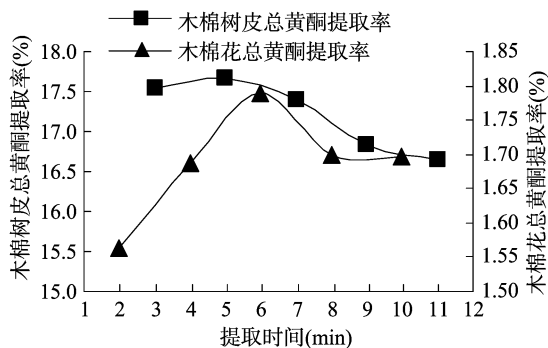


图3 提取时间对总黄酮提取率的影响

2.1.4 提取剂浓度对总黄酮提取率的影响 由图4可看出,木棉花和木棉树皮总黄酮提取率在提取剂浓度为30%时达到最大值,随后一直下降。继续增加提取剂浓度,虽然增加了浓度差,但是周边浓度高的乙醇包围着物料,产生一定作用

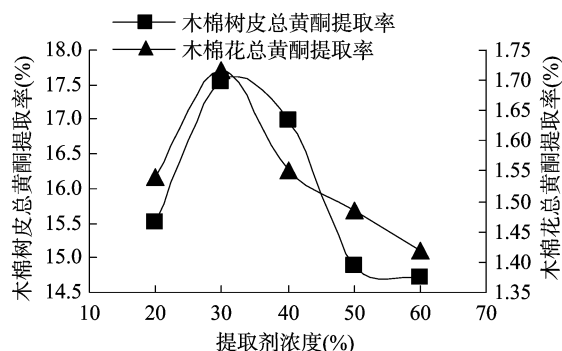


图4 提取剂浓度对总黄酮提取率的影响

力,反而使得总黄酮溶出率减小。

2.1.5 提取温度对总黄酮提取率的影响 由图5可知,50℃是最佳提取温度。温度太低,木棉内部乙醇发生内部沸腾不够充分;温度过高,导致木棉内部的乙醇发生内部沸腾太强,使得内部乙醇扩散速度太快,导致总黄酮溶出量减少。

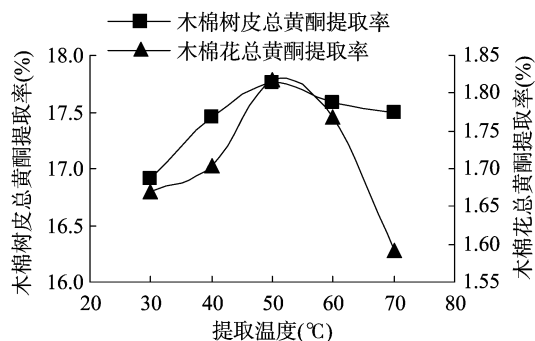


图5 提取温度对总黄酮提取率的影响

2.1.6 提取剂用量对总黄酮提取率的影响 由图6可知,随着提取剂乙醇用量的增加,总黄酮提取率呈先增加后减小的趋势,120 mL乙醇是提取木棉花总黄酮的最佳用量,100 mL乙醇是提取木棉树皮总黄酮的最佳用量。提取剂用量太少,总黄酮提取不充分,提取剂用量太多,稀释了物料内部的乙醇,导致提取率下降。

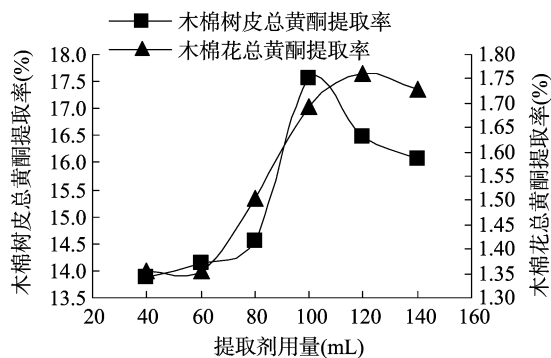


图6 提取剂用量对总黄酮提取率的影响

综上所述,减压内部沸腾单因素试验确定木棉花总黄酮的最佳提取条件为:1.00 g木棉花物料,20%乙醇解吸15 min,120 mL 30%乙醇在50℃、0.035 MPa下提取6 min,提取2次;木棉树皮总黄酮的最佳提取条件为:2.00 g木棉树皮物料,40%乙醇解吸25 min,100 mL 30%乙醇在50℃、0.035 MPa条件下提取2次,每次5 min。

2.2 减压内部沸腾法与传统醇提法的比较结果

按照减压内部沸腾法最佳提取工艺和“1.2.4”节传统醇回流提取木棉花、木棉树皮总黄酮,比较结果如表 1 所示。

从表 1 可看出,传统醇回流提取木棉花总黄酮和木棉树皮总黄酮的提取率均稍低于减压内部沸腾法,但由于减压内部沸腾法的提取温度低,提取时间短,在减压条件下可以更好地保护总黄酮的生理活性。由此可见,应用减压内部沸腾法提取木棉总黄酮是可行有效的,并且木棉树皮中总黄酮提取率是木棉花的 9.78 倍。

表 1 减压内部沸腾提取工艺与传统醇提取的比较结果

提取方法	时间 (min)	温度 (℃)	提取率 (%)
木棉花醇回流提取	120	84.7	1.75
木棉花减压内部沸腾提取	42	50.0	1.81
木棉树皮醇回流提取	120	84.7	16.70
木棉树皮减压内部沸腾提取	60	50.0	17.70

2.3 木棉树皮总黄酮抗氧化性测定结果

2.3.1 DPPH 自由基清除率的测定结果 由图 7 可知,在给定的浓度范围,随着木棉树皮总黄酮提取液及维生素 C 浓度的增大,两者对 DPPH 自由基的清除能力都在增加,当浓度达到 0.2 mg/mL 时清除率基本不变,但木棉树皮总黄酮清除 DPPH 自由基的能力不如维生素 C。

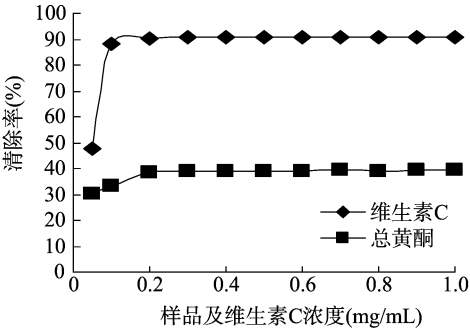


图7 木棉树皮总黄酮清除 DPPH 自由基的能力

2.3.2 超氧阴离子清除率的测定结果 由图 8 可知,在测定的浓度范围内,随着浓度的增大,木棉树皮总黄酮和维生素 C 对超氧阴离子的清除率均增大,而且木棉树皮总黄酮与维生素 C 对超氧阴离子的清除率相当,最大达到 76.82%,说明木棉树皮总黄酮对超氧阴离子有较强的清除能力。

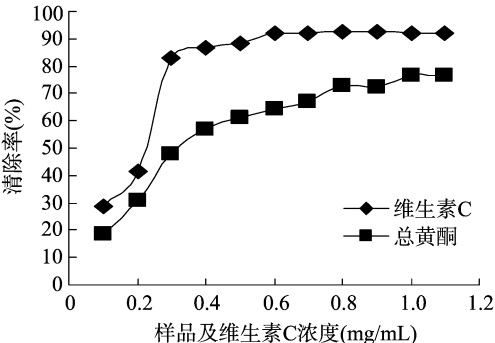


图8 木棉树皮总黄酮清除超氧阴离子的能力

2.3.3 羟基自由基清除率的测定 由图 9 可知,木棉树皮总黄酮清除羟基自由基的能力随着浓度的增大呈先增后减的趋

势。在低浓度 0.4 ~ 0.7 mg/mL 范围内,两者对羟基自由基的清除率基本一致,清除率达到 40.43%;当浓度达到 0.8 mg/mL 时,木棉树皮总黄酮清除羟基自由基的能力明显低于维生素 C。

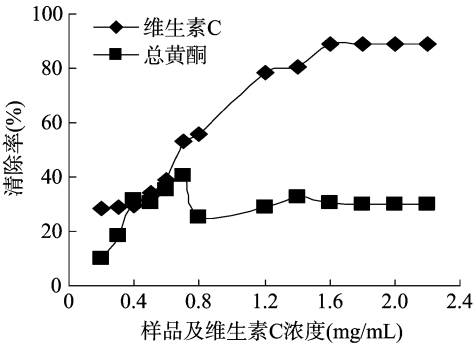


图9 木棉树皮总黄酮清除羟基自由基的能力

2.3.4 亚硝基清除率的测定 由图 10 可知,在测定的浓度范围,木棉树皮总黄酮与维生素 C 对亚硝基的清除率随着浓度的增大而增加。在 0.1 ~ 1.0 mg/mL 低浓度范围内,总黄酮清除亚硝基的能力高于维生素 C,当浓度达到 1.2 mg/mL 时,对照品维生素 C 清除亚硝基的能力明显高于总黄酮。整体来说,木棉树皮总黄酮对亚硝基具有较强的清除能力,清除率最大达到 78.33%。

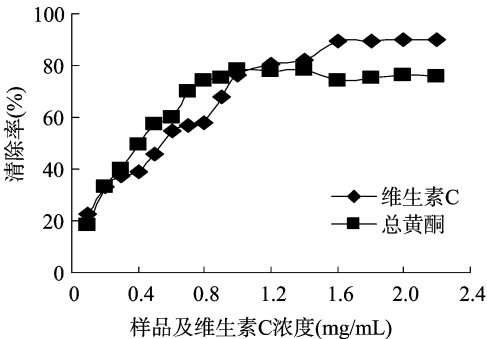


图10 木棉树皮总黄酮清除亚硝基的能力

3 结论

采用单因素试验对木棉不同部位(花和树皮)总黄酮的减压内部沸腾提取工艺进行优化,得到最佳提取条件为:1.00 g 木棉花,20% 乙醇解吸 15 min,120 mL 30% 乙醇在 50 ℃、0.035 MPa 下提取 6 min,提取 2 次;2.00 g 木棉树皮,40% 乙醇解吸 25 min,100 mL 30% 乙醇在 50 ℃、0.035 MPa 下提取 2 次,每次 5 min。在此条件下,木棉花总黄酮提取率为 1.81%,木棉树皮总黄酮提取率为 17.70%。与传统醇提比较,该法提取温度低,提取时间短,总黄酮提取率高。抗氧化活性试验表明,减压内部沸腾法提取的木棉树皮总黄酮对 DPPH 自由基、超氧阴离子、羟基自由基和亚硝基具有一定的清除作用,其中对超氧阴离子和亚硝基的清除作用明显,说明木棉树皮总黄酮具有较好的抗氧化活性。

参考文献:

[1] 李旭森,许光凯,王国凯,等. 木棉的化学成分及药理作用研究进展[J]. 中国野生植物资源,2015,34(3):42-45.

唐世明,曹君迈. 氯苯胺灵对马铃薯还原糖、膜稳定指数的影响[J]. 江苏农业科学,2016,44(9):297-300.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.09.085

# 氯苯胺灵对马铃薯还原糖、膜稳定指数的影响

唐世明, 曹君迈

(北方民族大学生物科学与工程学院,宁夏银川 750021)

**摘要:**以马铃薯青薯 168、克新 1 号 2 个品种的块茎为材料,采用蒽酮比色定糖法和羟胺法,研究 2 个品种在 4 ℃ 的贮藏条件下,不同浓度梯度的氯苯胺灵处理下糖对和膜稳定指数的影响。结果表明:4 ℃ 贮藏下,氯苯胺灵对马铃薯具有抑芽作用,抑芽作用与施加的氯苯胺灵浓度有关,施加的浓度在 2.0 g/kg 时,抑芽作用最明显,氯苯胺灵对克新 1 号和青薯 168 的抑芽效果一致。马铃薯贮藏期,含糖量随时间的延长,呈先上升再下降的趋势,青薯 168 的含糖量显著优于克新 1 号的含糖量,克新 1 号抗低温糖化能力更强,有利于长期贮藏。施加氯苯胺灵后马铃薯的含糖量高于对照组的含糖量,处理浓度为 1.5 g/kg CIPC 处理组的含糖量最高,1.0 g/kg 处理组的含糖量最低,马铃薯在氯苯胺灵浓度为 1.0 g/kg 下更有利于贮藏。马铃薯贮藏期,膜稳定性先升高后降低,克新 1 号的膜稳定性高于青薯 168,氯苯胺灵处理降低了马铃薯的膜稳定指数,克新 1 号和青薯 168 的氧自由基的产生速率均为 2.0 g/kg CIPC 组达到最高,膜稳定性最差,浓度为 1.0 g/kg 处理组氧自由基的产生速率最低,膜稳定性最好。

**关键词:**马铃薯;氯苯胺灵;还原糖;膜稳定指数

**中图分类号:** TS205      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1002-1302(2016)09-0297-04

马铃薯是茄科茄属一年生双子叶植物,以块茎作为食用器官,是总产量和栽培面积仅次于小麦、玉米、水稻的世界第四大粮食作物,为最重要的粮、菜兼用性高产作物之一<sup>[1]</sup>,同时马铃薯为我国的农业发展、农民增收及国家粮食安全作出了巨大贡献<sup>[2]</sup>,2015 年已被我国加入到主粮化战略。马铃薯成为具有国际竞争力的产品,而马铃薯贮藏已成为重要的研

究课题之一<sup>[3]</sup>。马铃薯能否成功贮藏,直接影响产品的经济效益。然而,马铃薯贮藏期间失水、伤、热、冷、冻、发芽及病害的发生<sup>[4]</sup>所引起的薯块品质下降现象非常普遍,是货架期延长和产业优化的主要瓶颈,尤其发芽会导致块茎失水皱缩,淀粉、干物质、维 C 含量的降低,严重影响马铃薯的品质;发芽部位所含的龙葵素含量上升,食用过多会导致呕吐、腹泻,严重者会出现呼吸不畅、神经麻痹、休克等症状。因此,在贮藏过程中,使用抑芽剂延缓块茎发芽是一项较为有效的措施。为了提高马铃薯的贮藏效果,提高产品的经济效益,人们开展了抑芽剂的研究工作,认为氯苯胺灵是马铃薯贮藏的有效抑芽剂<sup>[5]</sup>。氯苯胺灵因其具有高活性和高挥发性,广泛用作马铃薯的抑芽剂(chlorpropham,简称为 CIPC),是一种芳香氨基甲酯类植物生长调节剂<sup>[6]</sup>。有研究表明,1 t 马铃薯撒施

收稿日期:2015-07-29

基金项目:国家星火计划(编号:2013GA880001);北方民族大学生物科学与工程学院创新项目(编号:2014S10)。

作者简介:唐世明(1988—),男,甘肃定西人,硕士研究生,从事植物资源利用与保护研究。E-mail:395598398@qq.com。

通信作者:曹君迈(1964—),教授,硕士生导师,从事细胞工程和细胞生物教学与科研工作。E-mail:junmaicao@163.com。

[2]陈丛瑾,王琪,李欣. 黄酮类化合物抗氧化和抑菌生物活性研究进展[J]. 中国药房,2011,22(35):3346-3348.

[3]吴秋敏,苏平,刘芸. 黄酮的抗氧化性和促氧化性研究进展[J]. 食品工业科技,2014,35(24):379-383.

[4]杨楠,贾晓斌,张振海,等. 黄酮类化合物抗肿瘤活性及机制研究进展[J]. 中国中药杂志,2015,40(3):373-381.

[5]王倩,常丽新,唐红梅. 黄酮类化合物的提取分离及其生物活性研究进展[J]. 河北理工大学学报:自然科学版,2011,33(1):110-115.

[6]王国凯,林彬彬,秦民坚. 木棉叶化学成分研究(Ⅱ)[J]. 中药材,2014,37(2):240-242.

[7]冯峰,宋启示,杨剑坤,等. 傣药木棉树皮的化学成分研究[J]. 时珍国医国药,2014,25(12):2826-2827.

[8]曾小平,单桂根,陈小锐. 木棉叶总黄酮的提取工艺优化研究[J]. 中国药物经济学,2013(6):33-35.

[9]朱锦坤,张全伟,张奕丹,等. 大孔树脂富集纯化木棉花总黄酮的工艺优选[J]. 中国实验方剂学杂志,2014,20(11):19-22.

[10]谢济运,蓝峻峰. 减压内部汽化法提取马尾松松针中总黄酮的

研究[J]. 安徽农业科学,2010,38(12):6213-6215.

[11]石灵高,韦藤幼. 减压内部沸腾法提取银杏总黄酮的工艺研究[J]. 安徽农业科学,2012,40(5):2701-2703,2707.

[12]郑韵英,童张法,韦藤幼. 内部沸腾法提取银叶树叶总黄酮的研究[J]. 广西大学学报:自然科学版,2013,38(3):527-531.

[13]翁艳英,谭业怀. 减压内部沸腾法提取绞股蓝总黄酮的效果[J]. 湖北农业科学,2014,53(14):3367-3370.

[14]韦藤幼,赵钟兴,童张法. 解吸-内部沸腾两步法提取黄连小檗碱的工艺及机理[J]. 过程工程学报,2006,6(3):380-383.

[15]彭梦微,韦藤幼,陈晓光,等. 减压内部沸腾法提取穿心莲内酯的工艺研究[J]. 时珍国医国药,2011,22(9):2244-2246.

[16]延绥宏. 飞天蜈蚣七中多糖和黄酮类成分提取工艺及生物活性研究[D]. 西安:西北大学,2011.

[17]Chen X, Wei T, Peng M, et al. Optimization, kinetics and thermodynamics in extraction process of puerarin by decompressing inner ebullition[J]. Industrial & Engineering Chemistry Research, 2012, 51(19):6841-6846.