

姬晓灵, 屈爱桃, 汪 岭, 等. 超声波辅助提取百脉根花色素工艺[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(11): 298–301.

# 超声波辅助提取百脉根花色素工艺

姬晓灵<sup>1</sup>, 屈爱桃<sup>2</sup>, 汪 岭<sup>1</sup>, 董岸岸<sup>1</sup>

(1. 宁夏医科大学公共卫生学院, 宁夏银川 750004; 2. 内蒙古医学院药理学系, 内蒙古呼和浩特 010059)

**摘要:**采用超声波辅助提取百脉根花色素, 通过正交试验确定最佳提取工艺, 并研究了色素的稳定性。结果表明, 百脉根花色素的最佳提取条件是: 料液比 1 : 20 (g : mL), 提取温度 60 ℃, 超声时间 20 min, 在最佳工艺条件下百脉根花色素得率为 21.70 mg/g; 百脉根花色素对光照比较稳定; 在溶液 pH 值 3 ~ 6 时百脉根花色素稳定, 在碱性条件下颜色发生改变; 随着 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 和抗血酸浓度的增大, 色素吸光度值有减小趋势; 添加氯化钠、蔗糖及金属离子 Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Na<sup>+</sup>、Al<sup>3+</sup>、Cu<sup>2+</sup> 对色素稳定性的影响不大; 添加 Zn<sup>2+</sup> 对色素稳定性有影响。

**关键词:**百脉根; 色素; 提取; 稳定性

**中图分类号:**S541<sup>+</sup>.601; TS201.2

**文献标志码:**A

**文章编号:**1002-1302(2013)11-0298-03

随着食品工业的发展, 色素与人类的关系越来越密切。色泽是酒类、饮料、糖果、糕点、肉类、乳类等食品的感官质量重要指标之一。由色素引发的疾病逐渐被人们所重视。开发天然食用色素, 已成为色素研究的热点。百脉根 (*Lotus corniculatus* L.) 别名牛角花、五叶草、鸟趾草, 为豆科植物百脉根的全草, 属多年生豆科草本植物, 是世界著名的多年生优良豆科牧草之一, 也是常见的庭院观赏植物。百脉根不仅营养丰富, 耐寒、抗旱、耐涝、虫害少, 皂素含量低、适口性好、采食率高、家畜饲用安全, 而且花量大。春夏采集百脉根, 切碎晒干入药, 其味辛、平, 具有清热解毒、止咳平喘的功效, 主治风热咳嗽、咽炎、扁桃体炎、胃中痞满疼痛, 外用治湿疹、疮疖、痔疮等<sup>[1]</sup>。百脉根茎丛生, 小叶 5 片, 花 3 ~ 4 朵排成顶生的伞形花序, 具叶状总苞; 花长 1 ~ 1.4 cm, 花色金黄、颜色鲜艳, 花朵鲜黄醒目, 盛开不衰, 具有较高的观赏价值, 是良好的色素来源。本研究采用超声波辅助技术研究了百脉根花色素的提取工艺及稳定性, 旨在为进一步开发利用百脉根资源提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

1.1.1 材料 供试百脉根花采集于宁夏医科大学校园内, 阴干待用。

试剂: 冰醋酸 (北京化工厂); 无水乙醇 (国药集团化学试剂有限公司); 过氧化氢 (国药集团化学试剂有限公司); 抗坏血酸 (天津市科密欧化学试剂有限公司); 蔗糖 (天津化学试剂一厂)。

1.1.2 仪器设备 UIS-7220N 型紫外可见分光光度计 (上海晓光仪器有限公司); KQ-100DV 数控超声波清洗机 (昆山超声仪器有限公司); JYL-B060 型九阳料理机 (九阳股份有限公司); SHB-III 循环水式多用真空泵 (郑州长城科工贸有限公司)。

收稿日期: 2013-04-03

作者简介: 姬晓灵 (1960—), 女, 陕西米脂人, 硕士, 教授, 主要从事卫生分析化学教学与科研工作。E-mail: xiaolingji2006@163.com。

### 1.2 方法

1.2.1 百脉根花色素提取流程 百脉根花→除杂, 干燥→粉碎→超声波提取→提取液抽滤→色素溶液。

1.2.2 百脉根花色素提取溶剂选择 称取 6 份百脉根花 1 g, 分别用蒸馏水、乙醚、无水乙醇、冰乙酸、丙酮、三氯甲烷室温浸提 2 h, 观察其色泽。

1.2.3 最大吸收波长确定 将用蒸馏水浸提的百脉根花提取液, 在 400 ~ 800 nm 波长范围内每隔 10 nm 测定其吸光度值, 并绘制吸收曲线, 确定其最大吸收波长。

1.2.4 百脉根花色素提取的单因素试验 百脉根花样品→30 mL 蒸馏水溶解→不同温度下超声波提取一定时间→提取液抽滤→色素溶液→测定吸光度值→绘制吸光度-参数曲线。

按照上述提取流程, 分别考察提取温度、提取功率、提取时间、料液比对吸光度值的影响。

1.2.5 正交试验<sup>[2-3]</sup> 根据单因素试验结果, 选择对百脉根花色素提取效果影响较大的 3 个因素进行 L<sub>9</sub>(3<sup>3</sup>) 正交试验, 以色素溶液在测定波长处的吸光度值为指标, 确定超声波辅助提取百脉根花色素的最佳工艺条件。

1.2.6 百脉根花色素的稳定性 考察 pH 值、光照、氧化剂、还原剂、金属离子、食品添加剂等对百脉根花色素稳定性的影响。在扫描所得最大吸收波长下测定百脉根花色素在各种环境条件下的吸光度值, 以吸光度值为指标研究百脉根花色素在不同环境条件下的稳定性。

1.2.7 百脉根花色素提取得率 称取百脉根花粉 10 g, 按照最佳提取工艺条件提取色素, 将色素提取液在水浴锅中蒸发至膏状体, 称取膏状体重量, 计算提取率。

百脉根花色素提取得率 = 膏状体重量 / 10 × 100%。

## 2 结果与分析

### 2.1 提取溶剂选择

用浸提法提取百脉根花色素, 结果发现, 百脉根花色素不溶于有机分子溶剂如乙醚、无水乙醇、异丙酸、冰乙酸、三氯甲烷, 却很容易溶于蒸馏水中; 百脉根花色素在蒸馏水中是黄色, 在其他溶剂中均为无色, 所以本研究选择蒸馏水为色素提

取剂。

## 2.2 百脉根花色素提取液吸收光谱

绘制了用蒸馏水提取的百脉根花色素溶液的吸收曲线(图1),确定以 410 nm 作为测定波长。

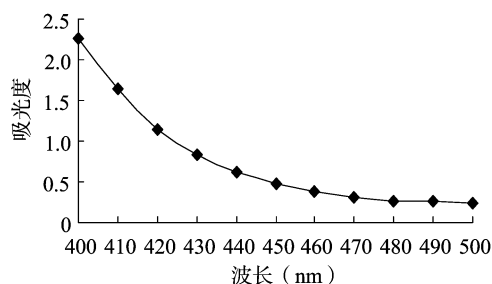


图1 百脉根花色素溶液吸收曲线

## 2.3 提取百脉根花色素的单因素试验结果

2.3.1 超声波温度对百脉根花色素提取的影响 在超声波功率为 70 W、超声波提取时间为 20 min、料液比为 1:30 (g:mL,下同)的提取条件下,分别考察 20、30、40、50、60 ℃ 下百脉根花色素提取液的吸光度 ( $D_{410\text{nm}}$ ,下同)。由图2可见,在一定范围内,随着超声提取温度的升高,色素溶液的吸光度值逐渐升高,超声温度达到 50 ℃ 后吸光度值又有所下降,原因可能是温度较高可以引起色素被破坏,所以 50 ℃ 是超声波辅助提取色素的最佳温度。

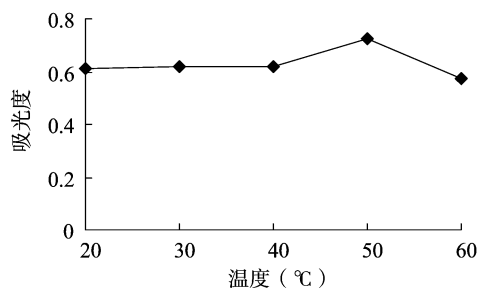


图2 温度对色素提取的影响

2.3.2 超声波功率对百脉根花色素提取的影响 在提取温度为 50 ℃、提取时间为 20 min、料液比为 1:30 的提取条件下,分别测定超声波功率为 50、60、70、80、90 W 下提取液的吸光度值。结果(图3)表明,当浸提功率为 60 W 时百脉根花色素提取液的吸光度值达到最大,之后随着功率的增大,吸光度值减小并趋于稳定,故 60 W 为最佳超声波提取功率。

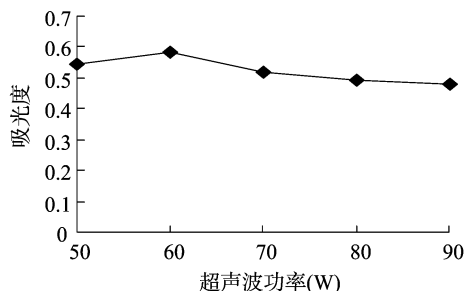


图3 超声波功率对色素提取的影响

2.3.3 超声波时间对百脉根花色素提取的影响 在提取温度为 50 ℃、超声波功率为 70 W、料液比为 1:30 的提取条件下,分别考察超声波提取时间分别为 5、10、15、20、25 min 下

提取液的吸光度值。图4显示,在 15 min 以内,随着超声时间的延长,色素浸提液的吸光度值增加,之后随时间的延长吸光度值减小,所以最佳超声波时间为 15 min。

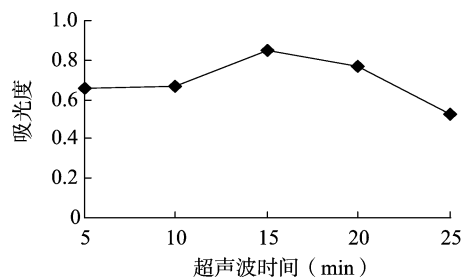


图4 超声波时间对色素提取的影响

2.3.4 料液比对百脉根花色素提取的影响 在提取温度为 50 ℃、超声波功率为 70 W、超声波提取时间为 20 min 的提取条件下,分别考察料液比为 1:10、1:20、1:30、1:40、1:50 时色素提取液的吸光度值。由图5可见,在料液比为 1:30 时百脉根花色素提取液的吸光度达到最大,故最佳料液比为 1:30。

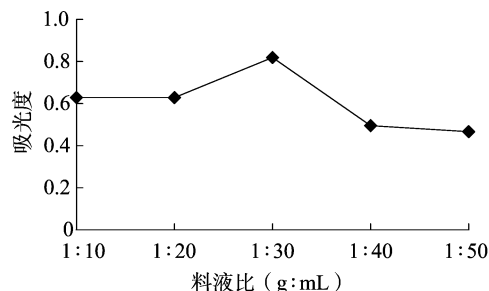


图5 料液比对色素提取的影响

## 2.4 正交试验结果

单因素试验结果表明,对百脉根花色素浸提影响较大的因素有超声波时间、超声波温度、料液比,而超声波功率对色素提取的影响不是很明显。所以选用  $L_9(3^3)$  正交试验表,综合考察超声波时间、超声波温度、料液比百脉根花色素提取率的影响。正交试验因素水平和结果分别见表1、表2。

表1 百脉根花色素提取工艺条件正交试验因素与水平

水平	A:超声波温度 (℃)	B:超声波时间 (min)	C:料液比 (g:mL)
1	40	10	1:20
2	50	15	1:30
3	60	20	1:40

由表2可见,所考察因素中对百脉根花色素提取影响的大小次序为:料液比>超声波时间>超声波温度,最佳组合条件为  $A_3B_3C_1$ ,即料液比 1:20、超声波时间 20 min、超声波温度 60 ℃,在最佳提取条件下百脉根花色素的得率为 21.70 mg/g。

## 2.5 百脉根花色素的稳定性研究

2.5.1 光照对百脉根花色素稳定性的影响 将一定浓度百脉根花色素溶液分别置于室内自然光、紫外光下照射不同时间后测定吸光度值。由图6可知,随着光照时间的延长,百脉根花色素溶液吸光度值变化不明显,说明百脉根花色素对光照比较稳定。

表 2 百脉根花色素提取工艺  $L_9(3^3)$  正交试验结果

序号	因素水平			吸光度
	A:超声波温度	B:超声波时间	C:料液比	
1	1	1	1	0.625
2	1	2	2	0.512
3	1	3	3	0.501
4	2	1	2	0.365
5	2	2	3	0.535
6	2	3	1	0.809
7	3	1	3	0.540
8	3	2	1	0.855
9	3	3	2	0.737
$k_1$	0.546	0.510	0.763	
$k_2$	0.570	0.634	0.538	
$k_3$	0.711	0.682	0.525	
$R$	0.165	0.172	0.238	

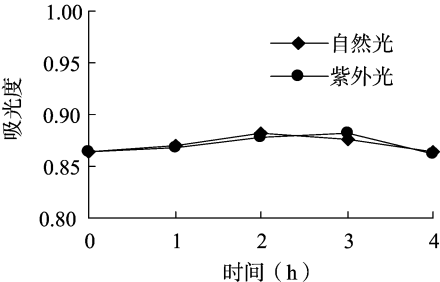


图6 光照对色素稳定性的影响

2.5.2 溶液 pH 值对百脉根花色素稳定性的影响 配制不同 pH 值的百脉根花色素溶液,观察其颜色变化并测定溶液的吸光度值。表 3 表明,在溶液 pH 值为 3~6 时,百脉根花色素溶液的吸光度值变化不大,颜色呈浅黄色;溶液 pH 值为 1 时溶液颜色略变浅;溶液 pH 值 $\geq 7$  时,溶液呈金黄色,稍浑浊。由此得出,百脉根花色素在中性和碱性条件下不稳定;在弱酸性条件下较稳定。

表 3 pH 值对百脉根花色素稳定性的影响

pH 值	颜色	吸光度
1	淡黄色	0.510
3	浅黄色	0.708
5	浅黄色	0.696
6	浅黄色	0.703
$\geq 7$	金黄色	稍浑浊

2.5.3 氧化剂、还原剂对百脉根花色素稳定性的影响 分别配制含不同浓度过氧化氢、抗坏血酸的色素溶液,15 min 后测定溶液吸光度值。由图 7 可见,过氧化氢的存在使百脉根花色素的吸光度值降低,且吸光度值随着过氧化氢浓度的增大而减小,说明百脉根花色素的抗氧化能力较差。由图 8 可见,抗坏血酸的存在使百脉根花色素的吸光度值降低,且吸光度值随着抗坏血酸浓度增大而减小,说明百脉根花色素的抗还原性较差。

2.5.4 常用食品添加剂对百脉根花色素稳定性的影响 分别配制含不同浓度蔗糖、氯化钠的色素溶液,摇匀,15 min 后测定溶液的吸光度值。由图 9 可知,蔗糖浓度对色素溶液的吸光度值几乎没有影响。由图 10 可知,氯化钠浓度对色素溶

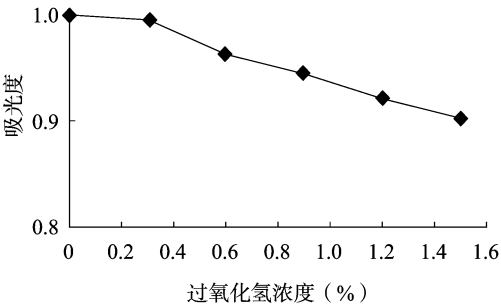


图7 过氧化氢对色素稳定性的影响

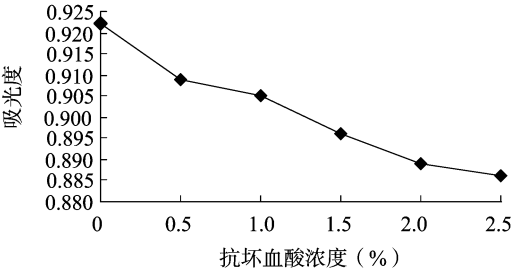


图8 抗坏血酸对色素稳定性的影响

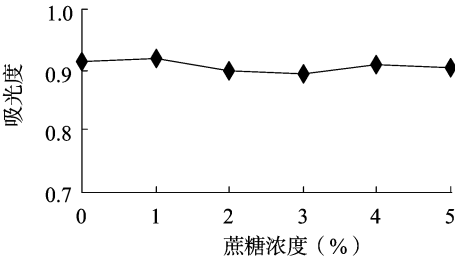


图9 蔗糖对百脉根花色素稳定性的影响

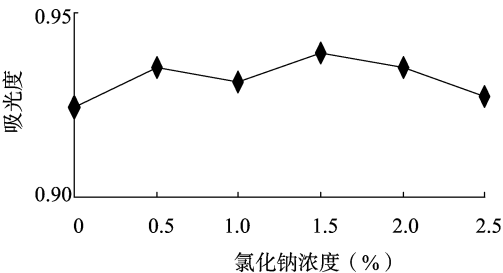


图10 氯化钠对百脉根花色素稳定性的影响

液的吸光度几乎没有影响。  
2.5.5 不同金属离子对百脉根花色素稳定性的影响 由图 11 可见,加入  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Na}^{+}$ 、 $\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$  离子均使百脉根花色素溶液的吸光度值发生很小变化,但溶液颜色几乎没有变

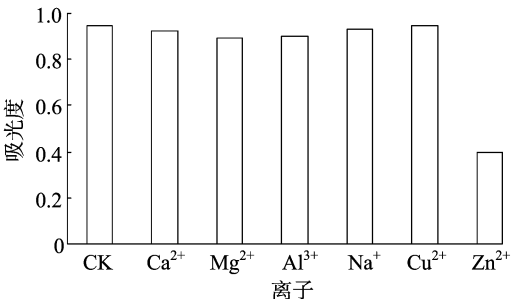


图11 不同金属离子对色素稳定性的影响

田童童, 巩子路, 朱新荣, 等. 蛋白质氧化对乳清蛋白理化性质变化的影响[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(11): 301–303.

# 蛋白质氧化对乳清蛋白理化性质变化的影响

田童童<sup>1</sup>, 巩子路<sup>1</sup>, 朱新荣<sup>1</sup>, 邹圣东<sup>2</sup>, 张 建<sup>1,2</sup>

(1. 石河子大学食品学院, 新疆石河子 832003; 2. 新疆生产建设兵团特色果蔬工程研究中心, 新疆石河子 832003)

**摘要:**通过比较不同氧化体系对乳清蛋白理化性质的影响发现, 在铁/过氧化氢/抗坏血酸氧化系统, 亚油酸脂肪及氧化系统、氧化酶氧化系统中乳清蛋白对  $\text{FeCl}_3$  氧化系统较为敏感。在铁/过氧化氢/抗坏血酸氧化系统中, 羰基和二聚酪氨酸的含量均随氧化剂浓度的增加以及氧化时间的延长而增加。巯基和游离氨基酸含量均随氧化剂浓度的增加以及氧化时间的延长而降低。由此可见, 氧化极大地改变了蛋白的理化性质, 并可能导致蛋白结构的改变, 进而影响其功能性质。因此, 在实际生产中应尽可能地控制蛋白氧化的发生。

**关键词:**蛋白氧化, 乳清蛋白, 理化性质

**中图分类号:** TS201.2<sup>+</sup>1

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1002–1302(2013)11–0301–03

在乳与乳品加工及贮藏过程中, 由于乳及乳制品中含有较高的不饱和脂肪酸、风味物质、金属催化剂、氧化酶以及其他乳中本身含有的或在加工中加入的一些成分, 使得原料乳及乳制品非常容易发生氧化, 进而引起乳品变味、变色、营养成分破坏, 并且会产生有毒化合物, 所以氧化已经被认为是引起乳与乳品质量劣变的一个主要因素, 仅次于微生物腐败<sup>[1–5]</sup>。关于乳品中脂类物质的氧化已经进行了大量的研究, 但对于蛋白质氧化引起乳品质量变化的研究直到最近几年才被科学家关注。

由于乳中含有较高浓度的不饱和脂肪酸以及一些促进氧化的物质, 使得乳蛋白质发生氧化。同时研究发现, 乳品加工中的机械作用也会降低乳本身具有的抗氧化能力, 而且使乳中本身含有的促进氧化的物质直接同蛋白质接触, 在有氧的

情况下使得蛋白质更容易受到氧自由的攻击而发生蛋白质的氧化。还有研究发现, 一般脂肪氧化会引起蛋白质的氧化, 且脂肪的氧化会促进蛋白质氧化的发生<sup>[6–10]</sup>。然而目前对乳清蛋白质氧化方面的研究鲜有报道。

本试验以乳中的乳清蛋白为研究对象, 采用乳中本身存在的 3 种氧化系统(羟基自由基氧化系统、亚油酸脂肪氧化系统和氧化酶氧化系统)对乳清蛋白质进行氧化, 分析其对乳清蛋白理化性质的影响, 为乳品生产中通过抑制或适当控制氧化, 提高蛋白质功能提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料、试剂与仪器

乳清分离蛋白, 购买于美国 Davisco 食品公司; 盐酸、氯化钠、己二胺四乙酸、氯化铁、过氧化氢、抗坏血酸均为分析纯。脂肪氧化酶(Sigma)、乳过氧化物酶(Sigma)、亚油酸(Sigma)为市售。

超纯水系统(Milli-Q Grandient, 美国), 紫外可见分光光度计(Cary 50 spectrophotometer, 美国 Varian 公司), 荧光分光光度计(Eclipse spectrofluorimeter, 美国 Cary 公司)。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 $\text{Fe}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{Asc}$ (铁/过氧化氢/抗坏血酸)氧化系统的

使溶液颜色变浅。因此在百脉根花色素的提取、加工、储存、使用过程中, 应尽可能在酸性、低温条件下进行, 避免和  $\text{H}_2\text{O}_2$ 、抗坏血酸、 $\text{Zn}^{2+}$  等接触。本研究建立的百脉根花色素超声波辅助提取方法操作简单, 提取效率高, 对百脉根花色素的开发和研究具有重要意义。

## 参考文献:

- [1] 国家中医药管理局《中华本草》编委会. 中华本草: 第 4 卷[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1999: 551.
- [2] 刘 平, 李云雁. 板栗壳色素超声波提取方法研究[J]. 江苏农业科学, 2007(4): 196–198.
- [3] 姜洪芳, 张卫明, 张 玖. 樱桃水色素提取及稳定性研究[J]. 中国野生植物资源, 2008, 27(5): 56–59.

收稿日期: 2013–04–06

基金项目: 新疆生产建设兵团科技支疆专项计划(编号: 2010ZJ13);

石河子大学高层次人才科研启动资金(编号: RCZX201127); 石河子大学青年骨干教师培训项目(编号: 3152SPXY01027)。

作者简介: 田童童(1990—), 男, 硕士研究生, 主要从事食品生物化学研究。E-mail: 1075284322@qq.com。

通信作者: 张 建, 博士, 副教授。E-mail: zhangjian0411@163.com。

化; 加入  $\text{Zn}^{2+}$  对色素溶液的吸光度值影响较大, 且使溶液颜色变浅。

## 3 结论与讨论

百脉根花色素外观呈黄色, 为水溶性天然色素。本研究表明, 百脉根花色素最佳提取工艺条件为: 料液比 1:20, 超声波时间 20 min, 超声波温度 60℃; 百脉根花色素对光照比较稳定; 在溶液 pH 值 3~6 时百脉根花色素稳定, 在碱性条件下颜色发生改变; 强氧化性的  $\text{H}_2\text{O}_2$  对百脉根花色素的稳定性有较大影响, 色素吸光度值有减小趋势, 且颜色变浅; 抗坏血酸对百脉根花色素有较弱的降解作用; 蔗糖、氯化钠对百脉根花色素影响较小; 金属离子  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Na}^{+}$ 、 $\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$  对百脉根花色素无明显影响,  $\text{Zn}^{2+}$  对百脉根花色素影响显著,