

# 木莓果实红色素的理化性质及其稳定性

陈炳华, 林文群, 刘剑秋

(福建师范大学生物工程学院, 福建 福州 350007)

**摘要:** 对木莓 (*Rubus swinhoei* Hance) 果实中提取的红色素理化性质进行了探讨, 并就光、温度、pH 值、氧化还原介质、7 种金属离子、葡萄糖、蔗糖和苯甲酸钠等对其稳定性的影响进行了研究。结果表明, 木莓鲜果中总花色苷含量高, 属水溶性花色苷类。该色素对热的耐受性较好, 但耐氧化还原性和耐 Vc 较差; 7 种金属离子中  $\text{Na}^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Al}^{3+}$  和较高浓度  $\text{Mn}^{2+}$  ( $\geq 5.0$  mmol/L) 对该色素的稳定性较好, 并有不同程度的护色效果,  $\text{Zn}^{2+}$  对其稳定性较好, 而  $\text{Fe}^{3+}$  和  $\text{Cu}^{2+}$  对其稳定性有明显的破坏作用; 葡萄糖、蔗糖和苯甲酸钠无不良影响。

**关键词:** 木莓; 果实; 红色素; 理化性质; 稳定性

中图分类号: Q946; S636.4 文献标识码: A 文章编号: 1004-0978(2001)04-0005-06

## The chemical and physical properties of red pigment and its stability from *Rubus swinhoei* Hance

CHEN Bing-hua, LIN Wen-qun and LIU Jian-qiu (Bioengineering of College, Fujian Teachers University, Fuzhou 350007, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2001, 10(4): 5-10

**Abstract:** The red pigment was extracted from the fruit of *Rubus swinhoei* Hance, and its physical and chemical properties were identified. The effects of light, temperature, pH value, oxide-reducing medium, 7 kinds of metallic ions, glucose, sucrose and  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COONa}$  on its stability were determined. The results showed that the pigment belongs to water-soluble anthocyanins with high content. It has good resistance to heat but a little to oxide reductant and Vc.  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  and  $\text{Mn}^{2+}$  ( $\geq 5.0$  mmol/L) have better effects on the stability of the red pigment, and showed a certain colour maintenance,  $\text{Zn}^{2+}$  has a good effect on its stability, while  $\text{Fe}^{3+}$  and  $\text{Cu}^{2+}$  show the decreasing appearance significantly. Glucose, sucrose and  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COONa}$  have not harm.

**Key words:** *Rubus swinhoei* Hance; fruit; red pigment; physical and chemical properties; stability

近些年来,由于天然食用色素具有安全性高、市场潜力大等特点,引起人们广泛关注,研究工作多,发展也较快<sup>[1,2]</sup>。野生悬钩子属 (*Rubus* L.) 植物大多数具有可食性,营养丰富,而且果色鲜艳,多为红色、橙黄色或紫黑色等,是天然植物色素资源之一<sup>[3]</sup>。李维林等<sup>[4]</sup>的研究表明,悬钩子果实色素主要是矢车菊色素、天竺葵色素、飞燕草色素及其糖苷等花色苷类物质,其中紫红-紫黑色果实中以矢车菊色素及糖苷为主,兼含少量飞燕草色素及糖苷。木莓 (*Rubus swinhoei* Hance) 是悬钩子属中紫黑色果类,为多年生蔓生性灌木,分布于我国广东、广西、湖南、云南、江西和福建等十几个省区,生于海拔 400~1 000 m 左右的山坡灌丛和林缘,尤以闽西北山区资源蕴藏量大<sup>[5]</sup>。木莓果实成熟期 6~8 月,外观近圆球形,呈紫黑色,重 1 g 左右,柔软多汁,富含红色素,总花色苷含量达 2.239 8 mg/g,为该属色素含量较高的种类之一<sup>[3]</sup>,野生状态下结果多,可作为提取

天然食用红色素的优良原料。目前,国内尚未见有关木莓果实红色素方面的研究报道,本文探讨了木莓果实红色素的理化性质及其稳定性,旨在为该色素的开发利用提供科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 实验材料

木莓成熟果实采自福建省武夷山自然保护区境内,原植物凭证标本存放于福建师范大学生物工程学院植物标本室(FNU)。果实采回后,立即洗净,沥干水分,置 -25℃ 冰箱中保存,备用。

### 1.2 实验方法

1.2.1 木莓果实红色素浸膏的制备 将果实捣碎,

收稿日期: 2001-07-24

作者简介: 陈炳华(1970-),男,福建长汀人,硕士,讲师,主要从事福建资源植物化学的科研及植物学教学工作。

用酸性乙醇浸提3次,抽滤得色素提取液。滤液减压浓缩得色素浸膏粗品,再用75%乙醇去果胶,减压旋转浓缩得紫红色的色素浸膏,备用。

**1.2.2 木莓果实红色素的溶解性** 取少量色素浸膏分别用水、丙酮、正丁醇、20%乙醇、10%乙酸、95%乙醇、乙醚、乙酸乙酯、环己烷、石油醚、 $V(1.5 \text{ mol/L HCl}):V(95\% \text{ 乙醇})=15:85$ 液进行常温溶解实验。

**1.2.3 木莓果实红色素的光谱特性** 用0.1% HCl-甲醇、pH 3.0磷酸盐缓冲液和pH 3.0 HCl-乙醇分别配制一定浓度的色素液,于岛津UV-2201型紫外可见分光光度计上扫描,波长范围为200~600 nm,记录各溶液的吸收光谱图及吸收峰。

**1.2.4 pH值对木莓果实红色素稳定性的影响** 用KCl-HCl、柠檬酸-磷酸氢二钠和硼砂-NaOH缓冲液<sup>[6]</sup>配制成含色素量0.1%、pH 1~12的系列溶液,于室温下观察不同pH值溶液中色素液颜色的变化及吸光度值(510 nm)的变化。

**1.2.5 木莓果实红色素的光稳定性** 取pH 3.0色素液,装入无色透明的具塞比色瓶中,分别置于室内自然光、日光灯(3 500 lx)和黑暗中放置30 d,每2天分别测一次吸光度值(510 nm)变化。

**1.2.6 木莓果实红色素的热稳定性** 取pH 3.0色素液,分别置于40℃、60℃、80℃及100℃的恒温水浴中,每隔30 min取样,待冷却后测其吸光度值(510 nm),并观察溶液颜色变化。

**1.2.7 木莓果实红色素的耐氧化还原性** 以 $\text{H}_2\text{O}_2$ 和 $\text{Na}_2\text{SO}_3$ 分别作为氧化剂和还原剂,配制不同浓度的 $\text{H}_2\text{O}_2$ 和 $\text{Na}_2\text{SO}_3$ 的等量色素液,室温下避光密闭放置30 min,每隔15 min分别于510 nm测定吸光度并目测颜色变化。

**1.2.8 金属离子对木莓果实红色素稳定性的影响**

用NaCl、 $\text{MgSO}_4$ 、 $\text{FeCl}_3$ 、 $\text{MnSO}_4$ 、 $\text{AlCl}_3$ 、 $\text{CuSO}_4$ 和醋酸锌分别配制含 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 和 $\text{Zn}^{2+}$ 的木莓果实红色素溶液(pH 3.0),其中 $\text{Na}^+$ 和 $\text{Mg}^{2+}$ 浓度梯度各为25、50、100和200 mmol/L,  $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 和 $\text{Zn}^{2+}$ 浓度梯度为2.5、5.0、10.0和20.0 mmol/L,以不含上述金属离子的等体积色素液作对照(CK)。将上述各溶液于室温下放置30 d,每3天于510 nm处测定一次各自的吸光度。

**1.2.9 葡萄糖、Vc和苯甲酸钠对木莓果实红色素稳定性的影响** 分别配制不同浓度葡萄糖、Vc和苯

甲酸钠的等量色素供试液(pH 3.0),于室温下密闭避光处保存,每隔一定时间,于510 nm处测定各自的吸光度。

## 2 结果与讨论

### 2.1 木莓果实红色素的溶解性

常温下木莓果实红色素不溶于乙醚、乙酸乙酯、丙酮、环己烷、正丁醇和石油醚等溶剂,能溶于水、乙醇、HCl-乙醇和乙酸等极性溶剂,表明该色素属水溶性红色素。

### 2.2 木莓果实红色素的光谱特性

木莓果实红色素的光谱特性见图1。可以看出,木莓果实红色素在磷酸缓冲液中有3个吸收峰,分别位于241.5、274.5和510.5 nm处;HCl-乙醇液也有3个吸收峰,分别位于220.5、278.5和536 nm处。可见,木莓果实红色素在紫外区有两个强烈的吸收峰,即在242 nm以下和278 nm左右;在可见光区510~540 nm范围内有1个大的吸收峰,木莓果实红色素的HCl-MeOH液最大吸收峰在527 nm处,与木莓果实红色素的HCl-EtOH溶液相比,向紫外光区位移约10 nm。与相关文献和图谱比较表明<sup>[7]</sup>,木莓果实红色素所表现出来的吸收峰都是花色苷类色素的特征吸收谱,从而证明该色素属于花色苷类。

### 2.3 pH值对木莓果实红色素稳定性的影响

在pH 1.0~6.0之间,木莓果实红色素溶液最大吸收波长没有变化,但其吸光度则随pH值的升高急剧降低。如pH 1.0时,吸光度为1.401,当pH值升至6.0时,则降为0.365;当pH值>6.0时,该色素在可见光区的特征吸收峰消失。该色素颜色受pH值的影响变化较大,pH在1.0~4.0时呈深红色至红色,pH在4.1~12.0之间,其颜色从浅红→浅紫色→污蓝色,24 h后pH $\geq$ 10.0的溶液变成黄色。这些性质与花色苷类色素对酸碱的呈色反应变化规律很相似<sup>[7]</sup>,其原因是由于在不同pH溶液中,木莓果实红色素化学结构发生变化所致。

### 2.4 光对木莓果实红色素溶液稳定性的影响

光对木莓果实红色素稳定性的影响见图2。可以看出,在3种光照条件下放置30 d,色素液吸光度均呈下降趋势,但随放置时间的延长,在室内自然光和暗处条件下的溶液,吸光度降幅减缓。从色素液的颜色变化和保存率看,在日光灯照射下,溶液颜色

8 d后变浅,30 d后呈茶色,保存率 46.92%;室内自然光下,135 d后,溶液色泽才呈茶色,保存率 51.92%,表明该色素的光稳定性较好。

2.5 温度对木莓果实红色素溶液稳定性的影响

木莓果实红色素溶液(pH 3.0)分别于 40℃和 60℃条件下处理 270 min,前者吸光度有所增加,但变幅很小,后者则略有降低(图 3);而于 80℃和 100℃保温处理的色素液,其吸光度值呈明显的下降趋势,尤其是 100℃处理对色素影响更大(图 3),在 100℃保温 270 min 后,色素保存率为 55.33%。可见在 60℃以内,该色素耐热性较强;随着温度升高,该色素耐热性逐渐降低,色泽由原来的红色逐渐变浅。因此,加工时宜在低于 60℃的条件下进行。

2.6 木莓果实红色素溶液的耐氧化还原性

过氧化氢和亚硫酸钠对木莓果实红色素稳定性的影响见表 1 和表 2。可以看出,随着色素溶液中

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>或 Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>浓度的升高,吸光度值在 15 min 内迅速下降,颜色由红色变为淡红色或褪去。不同之处在于,15 min 后,含 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>的色素液吸光度值仍有所降低,而含 Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>的色素液则略有上升,表明还原剂 Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>的反应时间较快,该色素耐氧化还原性差。这与同属黑莓<sup>[8]</sup>汁抗氧化还原性相似。因此,使用时应尽量避免与氧化剂或还原剂接触。

2.7 7种不同金属离子对红色素稳定性的影响

7种金属离子对木莓果实红色素稳定性的影响见图 4~10。可以看出,在试验天数为 0 时,不同浓度的 7种金属离子色素液吸光度均比对照高,而且在放置 30 d 后,溶液的吸光度均比对照高。可见,7种金属离子对木莓果实红色素的稳定性均有不同程度的影响,但在色素液吸光度及其颜色变化上,其影响效应又有所不同。

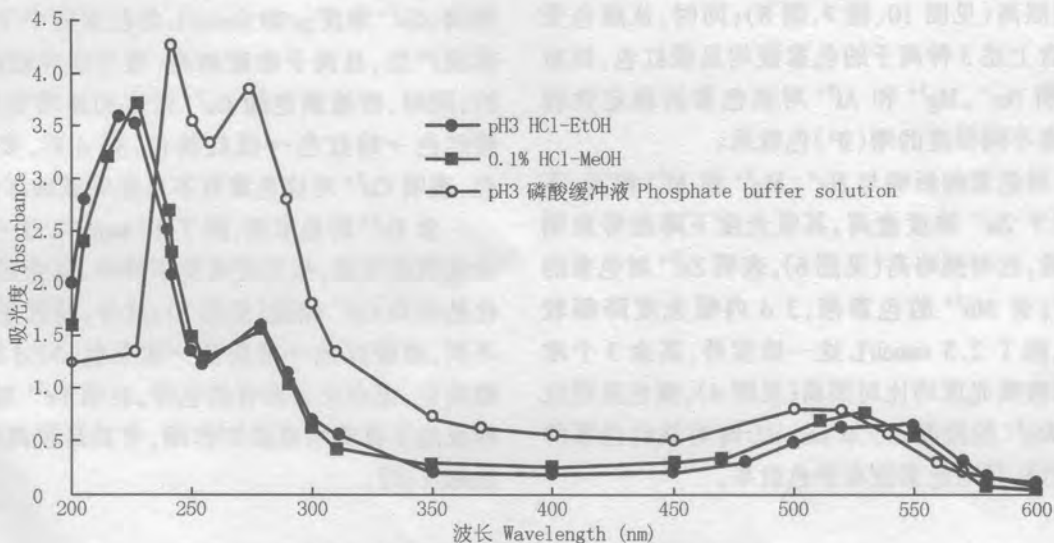


图 1 木莓果实红色素的紫外可见吸收光谱  
Fig. 1 UV-Absorption spectra of red pigment from *Rubus swinhoei* fruit

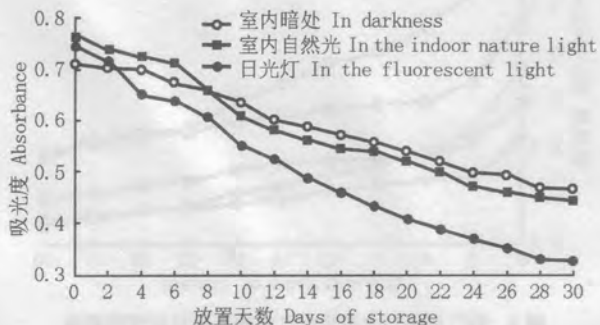


图 2 光对木莓果实红色素稳定性的影响  
Fig. 2 Effects of light on the stability of red pigment from *Rubus swinhoei* fruit

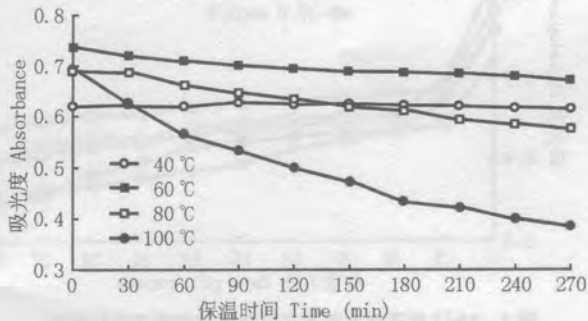


图 3 温度对木莓果实红色素稳定性的影响  
Fig. 3 Effects of temperature on the stability of red pigment from *Rubus swinhoei* fruit

表1 过氧化氢对木莓果实红色素稳定性的影响<sup>1)</sup>Table 1 Effects of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> on the stability of red pigment from *Rubus swinhoei* fruit<sup>1)</sup>

| 时间<br>Time<br>(min) | 不同过氧化氢浓度(%)下的吸光度 Absorbance in the pigment solution with different H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> concentration (%) |              |              |              |              |              |              |
|---------------------|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                     | 0.00   | 0.10         | 0.15         | 0.30         | 0.60         | 0.90         | 1.20         |
| 15                  | 0.730(100)   | 0.469(64.25) | 0.394(53.97) | 0.271(37.12) | 0.165(22.60) | 0.143(19.59) | 0.130(17.81) |
| 30                  | 0.725(99.32)   | 0.382(52.69) | 0.253(34.90) | 0.194(26.76) | 0.140(19.31) | 0.120(16.55) | 0.113(15.59) |

<sup>1)</sup> 括号中的数值表示色素保存率 The value in brackets is retention rate of red pigment (%)。

表2 亚硫酸钠对木莓果实红色素稳定性的影响<sup>1)</sup>Table 2 Effects of Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> on the stability of red pigment from *Rubus swinhoei* fruit<sup>1)</sup>

| 时间<br>Time<br>(min) | 不同亚硫酸钠浓度(mmol/L)下的吸光度 Absorbance in the pigment solution with different Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> concentration (mmol/L) |              |              |              |              |              |              |              |
|---------------------|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                     | 0.0  | 0.1          | 0.2          | 0.3          | 0.4          | 0.5          | 0.6          | 0.8          |
| 15                  | 0.710(100.0)   | 0.515(72.54) | 0.404(56.90) | 0.351(49.44) | 0.310(43.66) | 0.279(39.30) | 0.258(36.34) | 0.227(31.97) |
| 30                  | 0.712(100.3)   | 0.530(74.43) | 0.402(56.46) | 0.360(50.56) | 0.315(44.24) | 0.285(40.03) | 0.265(37.22) | 0.230(32.30) |

<sup>1)</sup> 括号中的数值表示色素保存率 The value in brackets is retention rate of red pigment (%)。

含不同浓度 Na<sup>+</sup>、Mg<sup>2+</sup> 和 Al<sup>3+</sup> 的色素液,随放置天数的延长,其吸光度下降趋势与对照相似,30 d 后明显比对照高(见图 10、图 7、图 8);同时,从颜色变化上看,含上述 3 种离子的色素液均呈橙红色,较对照深,表明 Na<sup>+</sup>、Mg<sup>2+</sup> 和 Al<sup>3+</sup> 对该色素的稳定性较好,且均有不同程度的增(护)色效果。

Zn<sup>2+</sup> 对色素的影响与 Na<sup>+</sup>、Mg<sup>2+</sup> 和 Al<sup>3+</sup> 相近,不同之处在于 Zn<sup>2+</sup> 浓度愈高,其吸光度下降趋势愈明显,30 d 后,比对照略高(见图 6),表明 Zn<sup>2+</sup> 对色素的稳定性好;含 Mn<sup>2+</sup> 的色素液,3 d 内吸光度降幅较大,而后,除了 2.5 mmol/L 这一浓度外,其余 3 个浓度的色素液吸光度均比对照高(见图 4),颜色呈橙红色,表明 Mn<sup>2+</sup> 的浓度 ≥ 5.0 mmol/L 时对该红色素的稳定性较好,且对色素液有护色效果。

含 Cu<sup>2+</sup> 的色素液,随 Cu<sup>2+</sup> 浓度的递增吸光度增幅加大,浓度为 20 mmol/L 时,吸光度达 1.0,在放置期间,Cu<sup>2+</sup> 浓度 ≥ 10 mmol/L 的色素液中不断有少量沉淀产生,且离子浓度越高,吸光度降幅越大(见图 9);同时,溶液颜色随 Cu<sup>2+</sup> 浓度的递增变化明显,由橙红色 → 暗红色 → 浅红褐色,30 d 后,变为浅暗红色,表明 Cu<sup>2+</sup> 对该色素有不良影响或破坏作用。

含 Fe<sup>3+</sup> 的色素液,除了 10 mmol/L 这一浓度因有少量沉淀生成,吸光度有所下降外,其余的吸光度变化趋势和 Cu<sup>2+</sup> 相近(见图 5);此外,颜色变化与 Cu<sup>2+</sup> 不同,由橙红色 → 桔黄色 → 浓茶色,30 d 后,转变为橙黄色,完全失去原有的色泽,表明 Fe<sup>3+</sup> 对该色素有明显的不良影响或破坏作用,尤其是较高浓度(≥ 10 mmol/L)时。

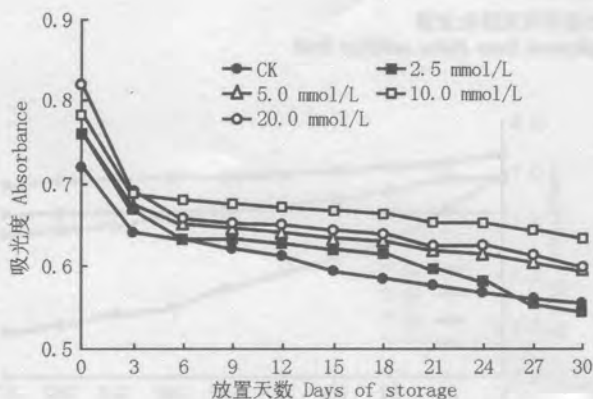


图4 Mn<sup>2+</sup> 离子对木莓果实红色素溶液稳定性的影响  
Fig. 4 Effects of different concentration Mn<sup>2+</sup> on the stability of red pigment from *Rubus swinhoei* fruit

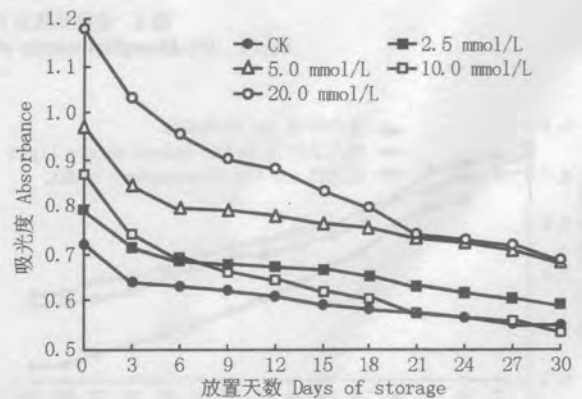


图5 Fe<sup>3+</sup> 离子对木莓果实红色素溶液稳定性的影响  
Fig. 5 Effects of different concentration Fe<sup>2+</sup> on the stability of red pigment from *Rubus swinhoei* fruit

2.8 葡萄糖和蔗糖对木莓果实红色素稳定性影响

葡萄糖对木莓果实红色素稳定性的影响见表3。由表3可见,含1%~4%葡萄糖的木莓果实红色素溶液,在30d内,其保存率与对照相比无显著性差异( $P < 0.05$ );含8.0%葡萄糖的色素液,其保存率高于对照,同时目测色素液的颜色也基本未变,表明葡萄糖对木莓果实红色素的稳定性没有影响,且当浓

度 $\geq 8\%$ 时有一定的护色作用。同法添加蔗糖,其结果与葡萄糖相近,因此该色素在食品中大量使用时,葡萄糖和蔗糖对其颜色基本没有影响。

2.9 维生素对木莓果实红色素溶液稳定性的影响

pH 3.0的木莓果实红色素液添加不同浓度Vc后,其吸光度均低于对照(图11),当Vc浓度在0.5~2.0mg/mL范围内,色素液保存率的差异不显著

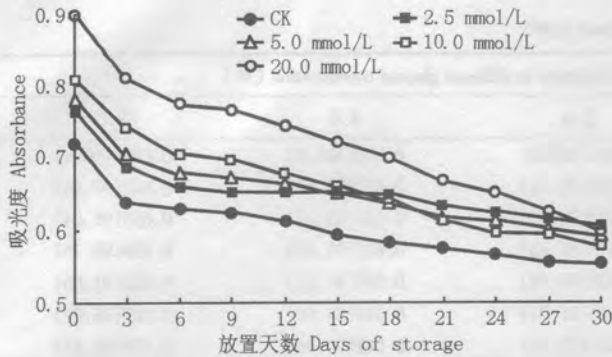


图6 Zn<sup>2+</sup>离子对木莓果实红色素溶液稳定性的影响  
Fig. 6 Effects of different concentration Zn<sup>2+</sup> on the stability of red pigment from *Rubus swinhoei* fruit

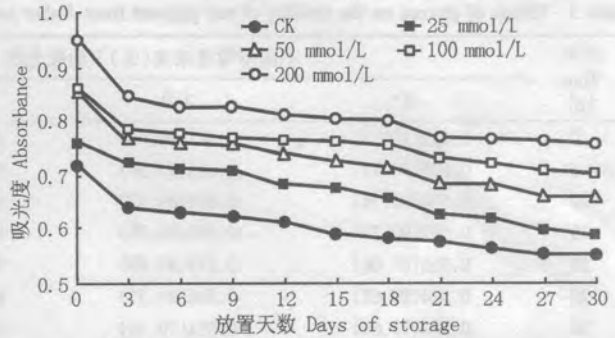


图7 Mg<sup>2+</sup>离子对木莓果实红色素溶液稳定性的影响  
Fig. 7 Effects of different concentration Mg<sup>2+</sup> on the stability of red pigment from *Rubus swinhoei* fruit

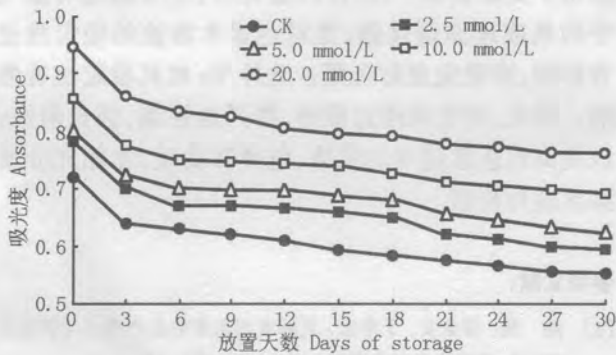


图8 Al<sup>3+</sup>离子对木莓果实红色素溶液稳定性的影响  
Fig. 8 Effects of different concentration Al<sup>3+</sup> on the stability of red pigment from *Rubus swinhoei* fruit

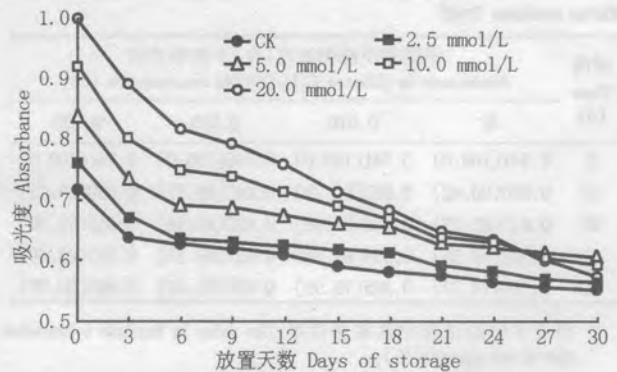


图9 Cu<sup>2+</sup>离子对木莓果实红色素溶液稳定性的影响  
Fig. 9 Effects of different concentration Cu<sup>2+</sup> on the stability of red pigment from *Rubus swinhoei* fruit

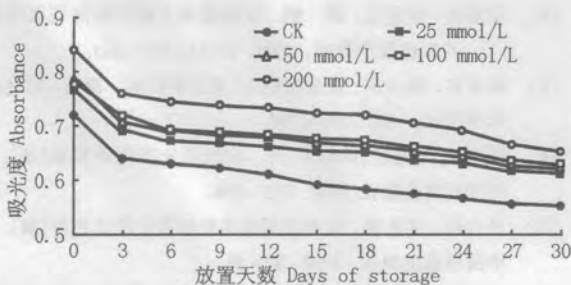


图10 Na<sup>+</sup>离子对木莓果实红色素溶液稳定性的影响  
Fig. 10 Effects of different concentration Na<sup>+</sup> on the stability of red pigment from *Rubus swinhoei* fruit

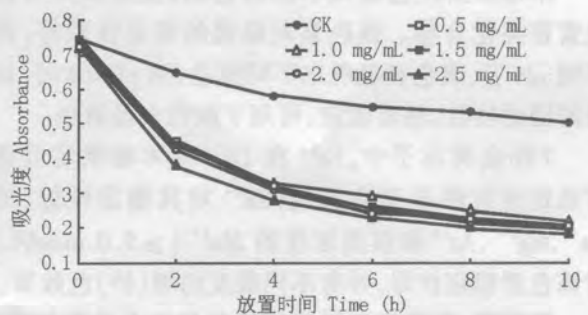


图11 Vc对木莓果实红色素溶液稳定性的影响  
Fig. 11 Effects of different concentration Vc on the stability of red pigment from *Rubus swinhoei* fruit

( $P < 0.05$ ), 当 Vc 浓度  $\geq 2.5$  mg/mL 时, 色素液的吸光度随放置天数的延长, 下降明显, 10 d 后保存率仅为 25.73%, 表明 Vc 对木莓果实红色素稳定性有较大影响。

### 2.10 苯甲酸钠对木莓果实红色素稳定性的影响

不同浓度的苯甲酸钠对木莓果实红色素稳定性

的影响见表 4。由表 4 可见, 3 种浓度的木莓果实红色素苯甲酸钠溶液, 在 20 d 内, 其吸光度与对照的差异不显著 ( $P < 0.05$ ), 20 d 后, 随着溶液中苯甲酸钠浓度的增加, 其吸光度均高于对照, 但 3 种浓度间的差异并不明显, 目测色素液颜色的变化不明显。表明苯甲酸钠对木莓果实红色素的稳定性无影响。

表 3 葡萄糖对木莓果实红色素稳定性的影响<sup>1)</sup>

Table 3 Effects of glucose on the stability of red pigment from *Rubus swinhoi* fruit<sup>1)</sup>

| 时间<br>Time<br>(d) | 不同葡萄糖浓度 (%) 下的吸光度 Absorbance in different glucose concentration (%) |              |              |              |              |
|-------------------|---|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                   | 0   | 1.0          | 2.0          | 4.0          | 8.0          |
| 0                 | 0.650(100.0)  | 0.671(100.0) | 0.653(100.0) | 0.678(100.0) | 0.682(100.0) |
| 5                 | 0.625(96.15)  | 0.628(93.59) | 0.623(95.41) | 0.628(92.63) | 0.667(97.80) |
| 10                | 0.594(91.38)  | 0.601(89.57) | 0.599(91.73) | 0.632(93.32) | 0.655(96.04) |
| 15                | 0.587(90.31)  | 0.593(88.38) | 0.573(87.85) | 0.621(91.59) | 0.639(93.70) |
| 20                | 0.566(87.08)  | 0.575(85.69) | 0.551(84.38) | 0.596(87.91) | 0.621(91.06) |
| 25                | 0.524(80.62)  | 0.546(81.37) | 0.535(81.93) | 0.553(81.56) | 0.587(86.07) |
| 30                | 0.505(77.69)  | 0.531(79.14) | 0.521(79.79) | 0.542(79.94) | 0.572(83.87) |

<sup>1)</sup> 括号中的数值表示色素保存率 The value in brackets is retention rate of red pigment (%)。

表 4 苯甲酸钠对木莓果实红色素稳定性的影响<sup>1)</sup>

Table 4 Effects of  $C_6H_5COONa$  on the stability of red pigment from *Rubus swinhoi* fruit<sup>1)</sup>

| 时间<br>Time<br>(d) | 不同苯甲酸钠浓度 (%) 下的吸光度<br>Absorbance in different $C_6H_5COONa$ concentration (%) |              |              |              |
|-------------------|---|--------------|--------------|--------------|
|                   | 0   | 0.010        | 0.015        | 0.020        |
| 0                 | 0.741(100.0)  | 0.741(100.0) | 0.748(100.0) | 0.741(100.0) |
| 10                | 0.670(90.42)  | 0.632(85.29) | 0.642(85.83) | 0.630(85.02) |
| 20                | 0.617(83.27)  | 0.615(82.99) | 0.628(83.96) | 0.612(82.59) |
| 30                | 0.588(79.35)  | 0.599(80.84) | 0.625(83.56) | 0.612(82.59) |
| 40                | 0.550(74.22)  | 0.585(78.95) | 0.609(81.42) | 0.600(80.97) |

<sup>1)</sup> 括号中的数值表示色素保存率 The value in brackets is retention rate of red pigment (%)。

## 3 结 论

木莓果实红色素属水溶性色素, 主要成分为花色苷类化合物。该色素对温度的稳定性较好; 在不同 pH 下, 该色素呈现出不同颜色, 当  $pH < 4$  时, 呈现鲜艳的红色, 性质稳定, 可用于酸性食品着色。

7 种金属离子中,  $Fe^{3+}$  和  $Cu^{2+}$  对木莓果实红色素稳定性有明显不良影响,  $Zn^{2+}$  对其稳定性好, 而  $Na^+$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $Al^{3+}$  和较高浓度的  $Mn^{2+}$  ( $\geq 5.0$  mmol/L) 对该色素稳定性好, 并有不同程度的增(护)色效果。

葡萄糖、蔗糖和苯甲酸钠等常用的食品添加剂, 对木莓果实红色素的稳定性均无影响, 并有一定的护色效果。

由于木莓果实红色素的耐氧化还原性能差, 不适用于发酵食品<sup>[2]</sup>, 贮存时应密封, 尽量避免与空气中的氧或还原剂接触; 光对色素水溶液的稳定性也有影响, 应避免直射光照。此外 Vc 对其稳定性有影响。因此, 开发利用过程中, 要严加控制, 扬长避短, 以提高该色素应有的风味、色泽和品质, 才能充分发挥其应用价值。

### 参考文献:

- [1] 陈 斌, 谷伏安, 于华忠. 天然食用色素的生产现状与研究进展[J]. 广州食品工业科技, 1998, (3): 35-37.
- [2] 彭子模, 惠寿年, 李 进. 玫瑰花红色素及其稳定性研究[J]. 西北植物学报, 1999, 19(2): 249-253.
- [3] 陈 斌, 于华忠, 谷伏安. 灰白毛莓红色素的开发研究[J]. 中国野生植物资源, 1997, 16(4): 1-5.
- [4] 李维林, 贺善安, 顾 娟. 中国悬钩子属植物的利用价值概述[J]. 武汉植物学研究, 2000, 18(3): 237-243.
- [5] 林来官, 张永田. 福建植物志(第 2 卷)[M]. 福州: 福建科学技术出版社, 1985. 293-310.
- [6] 钱可萍, 韩志坚, 陈佩琴, 等. 无机及分析化学实验[M]. 北京: 高等教育出版社, 1989. 253-258.
- [7] 马自超, 庞业珍. 天然食用色素化学及生产工艺学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1994. 30-80.
- [8] 孙醉君, 张美琴, 桑建忠, 等. 黑莓汁的理化特性及贮藏期营养成分的变化[J]. 植物资源与环境, 1997, 6(1): 20-24.

(责任编辑: 惠 红)