

食用玫瑰花褪色原因及控制措施研究进展

张志国, 姜 闪

(齐鲁工业大学食品科学与工程学院, 山东 济南 250353)

摘 要: 食用玫瑰花是蔷薇科蔷薇属植物的花, 其花色鲜艳, 常见花色有红色和粉色, 是一种集食用价值与观赏价值于一体的花卉。但在食用玫瑰花贮存过程中, 其色泽会发生变化, 这种变化与食用玫瑰花中所含花色苷类物质的稳定性有关。本文通过综述花色苷的结构、pH值、温度、酶类、水分含量等多种因素对花色苷稳定性的影响, 分析食用玫瑰花褪色的原因, 并提出一些有效的控制措施, 以延缓玫瑰花褪色速率。

关键词: 食用玫瑰花; 花色苷; 褪色原因; 控制措施

Causes and Control Measures of the Fading of Edible Roses

ZHANG Zhiguo, JIANG Shan

(College of Food Science and Engineering, Qilu University of Technology, Jinan 250353, China)

Abstract: Edible roses are the flowers of the genus *Rosa* in the family *Rosaceae*, which have bright colors and are commonly red or pink. Edible roses are not only edible but also ornamental. During storage, the color of edible roses may be changed, which is related to the stability of anthocyanins in edible roses. In this article, the factors such as anthocyanin structure, pH, temperature, endogenous enzymes and water content affecting the stability of anthocyanins are reviewed. The causes of the fading of edible roses are analyzed and some countermeasures are proposed to delay the fading of roses.

Key words: edible roses; anthocyanins; causes of fading; control measures

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201709049

中图分类号: S379.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2017) 09-0322-07

引文格式:

张志国, 姜闪. 食用玫瑰花褪色原因及控制措施研究进展[J]. 食品科学, 2017, 38(9): 322-328. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201709049. <http://www.spkx.net.cn>

ZHANG Zhiguo, JIANG Shan. Causes and control measures of the fading of edible roses[J]. Food Science, 2017, 38(9): 322-328. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-201709049. <http://www.spkx.net.cn>

玫瑰花 (*Rosa rugosa* Thunb.) 色泽鲜艳, 芳香宜人, 为蔷薇科落叶直立灌木的花, 在我国南北各地均有栽培。食用玫瑰花不仅可以加工制作成食品, 如玫瑰花茶、玫瑰酱、玫瑰酒、玫瑰膏等高端产品, 而且具有理气解郁、活血散淤、消肿止痛等药用价值, 其中较为典型的玫瑰花是重瓣红玫瑰, 被卫生部新批为可供药食两用的玫瑰品种。食用玫瑰花瓣层厚, 色泽艳丽, 含有丰富的花色苷类物质——红色素, 其具有安全无毒、色香诱人的特点, 是世界各国普遍允许使用的一类天然红色素^[1]。然而食用玫瑰花及其制品在长期贮存条件下, 花色会变暗褪色, 这种现象对食用玫瑰花红色素的提取及利用、玫瑰花的加工生产等方面造成了较大影响。

食用玫瑰花所含花青素是构成其花瓣颜色的主要色

素之一, 使玫瑰花呈现粉红色、红色、紫红色等多种颜色。然而, 花青素在生物体内极不稳定, 容易受环境因素的影响而降解为褐色或无色的化合物。食用玫瑰花中的花青素常以花色苷的形式存在, 即花青素与糖以糖苷键的形式结合而成的一类化合物, 它是自然界中分布最广泛、数量庞大的一类水溶性色素, 也是国内外公认的作为替代合成食用红色素最为丰富理想的天然食用色素^[2]。这种化合物具有抗氧化、抗突变、抗癌、抗炎等广泛的生物活性^[3], 普遍存在于植物花卉和果实中, 使它们呈现丰富多彩的颜色。食用玫瑰花中存在的花色苷类物质较花青素稳定, 但其稳定性也易受结构、pH值、温度、光照、酶、水分含量、氧气及抗坏血酸、糖及其降解产物、金属离子等因素的影响, 使花色苷颜色发生改变, 引起食用玫瑰花色变。

收稿日期: 2016-11-09

作者简介: 张志国 (1974—), 男, 副教授, 博士, 研究方向为食品资源开发。E-mail: dnzzg@126.com

1 食用玫瑰花所含花色苷的结构及其稳定性

食用玫瑰花中丰富的花青素在玫瑰花液泡中主要是以糖苷的形式存在^[4],即花色苷,它属于类黄酮类化合物,是以花色素作为配基与1个或多个葡萄糖、半乳糖等以糖苷键的形式结合而成的,花色苷配基的基本结构为2-苯基苯并吡喃阳离子,花色苷的分子结构如图1所示。

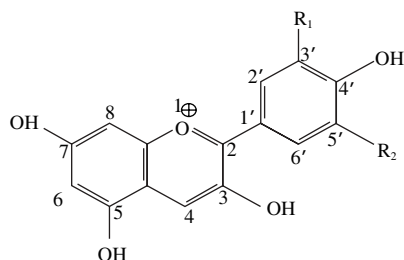


图1 花色苷基本结构

Fig. 1 Basic structure of anthocyanin

表1 自然界中6种常见花色苷的基本结构及其显色^[5]

Table 1 Basic structure and color of six common anthocyanins in nature^[5]

花色苷	R ₁	R ₂	颜色
飞燕草色素	OH	OH	紫色、蓝色
芍药色素	OCH ₃	H	紫色、蓝色
矢车菊色素	OH	H	红色、紫色
牵牛色素	OCH ₃	OH	红色、紫色
天竺葵色素	H	H	红色
锦葵色素	OCH ₃	OCH ₃	砖红色

目前花色苷的种类已超过550种,然而最主要的花色苷有6种(表1):矢车菊色素(cyanidin, Cy)、天竺葵色素(pelargonidin, Pg)、飞燕草色素(delphinidin, Dp)、芍药色素(peonidin, Pn)、锦葵色素(malvidin, Mv)、牵牛色素(petunidin, Pt),并且它们在生物体内所占比例高达90%^[6]。一般来说,不同花色苷所呈现的颜色各异,在植物可食部分的分布比例也有所不同,这也是导致植物花卉及果实颜色异同的根源。

1.1 食用玫瑰花中花色苷的结构类型

根据食用玫瑰花的颜色不同,其所含的花色苷种类也有区别,自然界中最常见的食用玫瑰花所呈颜色多为红色、深红色或紫红色,根据张玲等^[7]对“紫枝”玫瑰的研究表明:玫瑰花中花色苷主要是Pn、Dp、Cy和Pg的双糖苷,而通过定量分析实验得出芍药苷和飞燕草苷总的质量分数在90%以上;葛芹^[8]通过定性实验及紫外光谱(ultraviolet, UV)和液相色谱-质谱联用(liquid chromatograph-mass spectrometer, LC-MS)方法对玫瑰花中主要花色苷的结构进行了分析得出:94.9%的花色苷为矢车菊素-3,5-二葡萄糖苷及2.1%的矢车菊素-3-葡萄糖苷;冯作山等^[9]利用纸层析和紫外-可见光谱初步测定玫

瑰花中所含色素的主要成分为黄酮醇类和矢车菊素-3-葡萄糖苷;Lee等^[10]应用C₁₈反相色谱柱、核磁共振及高效液相色谱仪/二极管阵列检测器/电喷雾离子质谱(high-performance liquid chromatograph-diode array detector-electro-spray ionization mass spectrometry, HPLC-DAD-ESI/MS)技术对韩国玫瑰中的花色苷进行分析得出:玫瑰花中含量较多的花色苷为矢车菊素-3,5-二葡萄糖苷和天竺葵素-3,5-二葡萄糖苷,其中主要的花色苷——矢车菊素-3,5-二葡萄糖苷的质量分数为85%。

1.2 影响食用玫瑰花中花色苷稳定性的因素

1.2.1 结构对食用玫瑰花中花色苷稳定性的影响

自然条件下食用玫瑰花中的花色素极不稳定,易溶于水,因此在自然界中极为少见,其存在形式多为花色素糖化后形成的花色苷,而花色苷可以发生4种取代反应:羟基化、甲基化、糖基化和酰基化^[11]。一般来说,2-苯基苯并吡喃阳离子结构中羟基数目的增加会减弱花色苷的稳定性,甲基化程度提高则有利于增强其稳定性^[12],而花色苷游离羟基的糖基化及酰基化也将增加花色苷的稳定性。这是由于花色苷A环的C₃、C₅、C₇位和B环的C_{3'}、C_{5'}、C_{7'}位均可发生不同程度的羟基化,而且C₃位带有活泼羟基的花色苷较不稳定^[13],一般来说,花色苷的羟基化可提高其水溶性,致使花色苷的稳定性受到不良影响;花色苷的甲基化一般发生在C₃和C₅位,可使花色苷的红色调加强,阻止花色苷水化成无色的假碱^[14],花色苷的稳定性呈上升趋势,这是由于随着花色苷甲基化程度的增加,活泼的羟基被封闭,使花色苷的稳定性得到提高,这也是Mv较Dp稳定的原因;当花色苷A环的糖基化程度越高时,蓝移效应就越明显,可增加花色苷因水化失衡而褪色的活化能,从而阻止有色花色苷水化成无色的甲醇假碱,而花色苷的外部糖基也可与周围水分子形成氢键增加花色苷的水溶性;花色苷与有机酸酰基化后可利用酰基的空间位阻有效地保护花色苷母核阳离子,使花色苷不易受到水的攻击,难以形成无色假碱和查尔酮结构^[15],因此酰基化的花色苷比未酰基化的花色苷稳定性要高。

1.2.2 pH值对食用玫瑰花中花色苷稳定性的影响

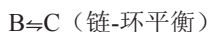
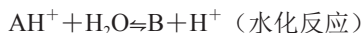
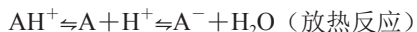
在介质溶液中,食用玫瑰中花色苷的颜色随溶液pH值的变化而变化,在较低pH值溶液中,花色苷显红色;在较高pH值溶液中,花色苷趋向于无色;在中性或微碱性溶液中,花色苷则显蓝色,而且其在酸性溶液比在碱性溶液中更稳定。食用玫瑰花中花色苷颜色的变化机理则由于其结构在介质溶液中发生了以下几种变化:离子化醌式碱A⁻(蓝色)、中性醌式碱A(浅紫色)、花色苷阳离子AH⁺(红色到橙色)、假碱B(无色)、查尔酮C(无色),这5种形式之间随着pH值的变化发生着可逆或不可逆的变化。

当溶液pH值处于微碱环境下时 ($8 \leq \text{pH} \leq 10$)，花色苷主要以蓝色的离子化醌式碱的形式存在；当溶液pH值处于中性或微酸性环境下时，花色苷主要以紫色或浅紫色的中性醌式碱的形式存在；当溶液pH值处于中酸性环境下时 ($3 \leq \text{pH} \leq 6$)，花色苷的存在形式是无色的甲醇假碱和查尔酮假碱；当溶液处于较强的酸性环境下时 ($\text{pH} \leq 2$)，主要以花色苷阳离子形式存在，使花色苷呈现红色^[16]。在自然pH值条件下，各种形式的花色苷将以平衡混合物的形式存在于水果蔬菜中。

1.2.3 温度对食用玫瑰花中花色苷稳定性的影响

温度对食用玫瑰花色苷稳定性的影响与花色苷的结构、pH值、氧气等因素有密切关系，当温度较低时，花色苷的积累加快、颜色加深，使花色苷更稳定^[17]；当温度较高时，可能抑制花色苷的酶降解作用，但也会阻碍花色苷在细胞中的积累，这是因为花色苷的热降解过程遵循一级反应动力学，而花色苷阳离子 (AH^+) 失电子过程属于放热反应，其发生的水化反应则属于吸热反应，并且都伴随熵的增大，形成不稳定的查尔酮假碱结构；高温也有可能引起花色苷C₃位糖苷结构被破坏使其发生热降解生成酚酸和酚醛^[18]。

3种平衡反应关系如下：



高维锡等^[19]采用不同pH值和温度条件下处理花色苷后进行回归分析显示：花色素的热稳定性较差，随温度的升高分解速率加快，这是因为长时间的加热后会生成无色的查尔酮式结构或是糖苷键发生酸水解生成相应的苷元和糖。Laleh等^[20]猜测花色苷在高温环境下不稳定可能是C₃位上的糖基丢失引起的，而糖基对花色苷的稳定性具有重要作用即花色苷糖基化可以提高其稳定性。Adams等^[21]在无氧条件下100℃、pH 2~4的酸性水溶液中研究矢车菊素类花色苷的降解，分析得出其降解机制可能是花色苷首先生成假碱葡萄糖苷，然后开环生成查尔酮糖苷，查尔酮糖苷继续脱去糖苷成为查尔酮和其同分异构体 α -二酮，最后彻底降解生成酚酸和醛，因此温度是影响花色苷稳定性的主要因素之一。

1.2.4 光照对食用玫瑰花中花色苷稳定性的影响

光照对食用玫瑰花色苷有两方面的作用：首先，光照是合成花色苷的重要因子；其次，光照的存在又会加速花色苷的降解反应。焦岩等^[22]研究不同条件下光照对紫洋葱皮中花色苷稳定性的影响，结果为光照可促进紫洋葱中皮花色苷分解。Shi Baosheng等^[23]将紫叶李长时间置于弱光下照射，之后发现叶片中花色苷含量剧增。李颖畅等^[24]以红树莓花色苷为对象对光照进行研究，结果表明室外自然光照使花色苷不稳定，避光条件下其稳定

性良好。这是由于较低的光照强度可以促进花色苷的合成和积累，当光照过强时会导致花色苷降解，基态的花色苷吸收光能后转变为激发态在C₄位发生水解生成中间产物，该产物在C₂位上水解开环生成查尔酮，之后降解生成酚酸和醛类^[25]，所以在黑暗条件下，可以减缓花色苷的降解反应保护食用玫瑰花的色泽。

1.2.5 酶对食用玫瑰花中花色苷稳定性的影响

食用玫瑰花中可降解花色苷的酶类主要有花色苷糖苷酶、多酚氧化酶 (polyphenol oxidase, PPO) 等，其中花色苷糖苷酶又称花色苷酶，可水解花色苷的糖苷键促使其降解生成花色素和游离的糖，花色素的稳定性较差，可自动转换成无色化合物。Huang^[26]通过研究表明：黑曲霉酶制剂具有加快花色苷褪色的活性，并根据其褪色过程中有糖产生可以猜测该酶制剂能够催化花色苷中的糖苷键水解。但并不是所有含花色苷的植物都有花色苷酶活性，因此花色苷酶在植物体内的降解作用有待进一步的研究。

PPO在有氧条件可催化酚类物质发生褐变反应，而食用玫瑰花中含有大量的酚类物质，可在PPO的催化下发生褐变反应，其反应机制为：PPO催化氧化食用玫瑰中的酚类物质、花色素及其降解产物使其生成相应的醌类物质，醌类物质进一步氧化花色苷，导致花色苷褪色或变色^[27]。一般来说，PPO降解花色苷的速率取决于花色苷的结构，这是因为B环有邻二酚羟基的花色苷对PPO更敏感，如Cy在形成苷时所产生的邻位醌可氧化花色苷及降解产物^[28]。Peng等^[29]提出PPO降解花色苷的途径为：含有邻苯二酚的花色苷在氧和PPO的作用下被氧化生成苯醌结构，这种物质可氧化花色苷为无色的化合物；Sakamura等^[30]对PPO在花色苷降解中的作用进行了详细研究，认为花色苷的降解和褪色是PPO催化氧化的结果；Kader等^[31]证明了PPO自身并不能促进花色苷的分解，只有当绿原酸或咖啡酸等酚类物质存在时，PPO才能促进多酚类物质生成醌类化合物，该化合物可快速与花色苷反应生成花色苷-O-醌缩合物，促使花色苷转化为无色物质。因此玫瑰花中的花色苷主要受PPO的影响而发生降解，故钝化酶的活性可有效防止花色苷褪色现象。

1.2.6 水分含量对食用玫瑰花中花色苷稳定性的影响

水分含量可影响花色苷的积累量和稳定性，当食用玫瑰花适度缺水或水分过量 (如水淹) 等情况下会诱导花色苷的合成，提高花色苷的含量。Cao Jing等^[32]采用在人工旱涝处理红叶石楠扦插苗的实验中发现：随着缺水量的增加，花色苷合成量也增加。沈露露等^[33]对紫色不结球白菜花色苷合成的研究表明：水分胁迫可诱导紫色不结球白菜叶片花色苷的积累，并且其花色苷主要为Cy类和Dp类。根据1.2.3节中的水合平衡反应可知：当食用

玫瑰花中水分含量较高时,可加速花色苷生成假碱的速率,使花色苷发生降解而褪色;当食用玫瑰花中水分含量不足时,可导致其液泡中的浓度升高,水分活度降低减少了对花色苷分子的攻击,使花色苷不易向假碱形式转变而保持食用玫瑰花的颜色^[34],这也是烘干玫瑰花茶相对不易变色的主要原因之一。

1.2.7 氧气及抗坏血酸对食用玫瑰花中花色苷稳定性的影响

食用玫瑰花中的花色苷为多酚类化合物,在有氧的条件下易与PPO发生褐变反应,因此氧气使花色苷发生氧化降解,产生无色查尔酮或褐色物质^[35]。在有氧的条件下,花色苷发生降解与外部环境中的pH值、温度和光照有很大关系,当pH值增加时,花色苷降解速率加快,而光照则更能加剧花色苷的降解反应。

抗坏血酸是食品中常用的抗氧化剂,对花色苷颜色的稳定有几种不同的作用:当温度较高时,抗坏血酸可促进花色苷发生降解反应生成无色或褐色物质;当温度较低时,抗坏血酸可以加速色素的聚合反应,对花色苷起稳定作用。李健等^[36]对紫茄皮中花青素的稳定性进行了研究,发现紫茄皮花青素在抗坏血酸溶液中的保留率随抗坏血酸质量浓度增加而降低。葛芹等^[37]在研究抗坏血酸对玫瑰中花色苷稳定性的影响时发现:抗坏血酸的存在会削弱花色苷的稳定性,且浓度越高花色苷越不稳定,这主要是由于抗坏血酸被氧气氧化所产生的 H_2O_2 对花色苷的 C_2 位进行了亲核攻击,导致 C_2 位和 C_3 位之间的共价键断裂,从而产生无色的化合物^[26]。因此,食用玫瑰花应隔氧贮存,尽量避免与抗坏血酸接触。

1.2.8 糖及降解产物对食用玫瑰花中花色苷稳定性的影响

糖及其降解产物对食用玫瑰花中花色苷稳定性的影响机理主要是因为高浓度的糖溶液可降低食用玫瑰花中的水分活度,使花色苷不易水合成无色的醇型假碱结构,从而增加花色苷的稳定性。而Debicki-Pospisil等^[38]在研究糖促进花色苷降解的机理时发现糖促进花色苷降解的能力与其降解产物——糠醛类化合物有关,如阿拉伯糖、果糖、乳糖和山梨醇等易于通过美拉德反应生成糠醛类化合物或者衍生物,因此它们比葡萄糖、蔗糖和麦芽糖更易促进花色苷降解,其原因在于糖的降解产物可通过亲电作用快速地与花色苷结合,促使花色苷降解为无色化合物。Cao Shaoqian等^[39]研究发现糖类对花色苷的降解速率为果糖>蔗糖>葡萄糖,其可能的原因是蔗糖在分解为葡萄糖和果糖后,才能生成糠醛类化合物,而已酮糖比己醛糖更易转化为糠醛,所以蔗糖对花色苷的降解速率较果糖慢而较葡萄糖快。另外,糖及其降解产物对花色苷的降解速率与环境中的温度和氧气有关,当温度较高时,糖及其降解产物对花色苷的降解速率加快,而且氧气可增加所有糖及其降解产物对花色苷的降解作用。

1.2.9 金属离子对食用玫瑰花中花色苷稳定性的影响

Ca^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Cu^{2+} 、 Al^{3+} 等金属离子易与花色苷的邻位羟基结构发生络合反应形成稳定的螯合物,保护花色苷的颜色不受破坏,特别是 Fe^{3+} 在一定程度上具有增色作用。张志博等^[40]对越橘花色苷稳定性的研究表明, K^+ 、 Fe^{2+} 、 Sn^{2+} 对越橘花色苷有一定的保护作用。赵大球等^[41]研究表明 Na^+ 对芍药花色苷溶液具有一定的增色作用。此外,金属离子可能与食用玫瑰花中的单宁物质发生络合反应,将单宁氧化成醌,而醌类物质可进一步氧化食用玫瑰花中的花色苷,从而引起玫瑰花褪色,在食品生产加工中,花色苷也有可能金属包装罐发生络合反应,例如在桃、梨、红樱桃及山楂等产品加工过程可能会出现花色苷与金属配合而产生的变色现象,这就是所谓的“红变”,严重影响产品的品质,可通过加入柠檬酸来减弱金属离子与花色苷的络合反应。

2 防止食用玫瑰花褪色的控制措施

食用玫瑰花中所含的红色素属于花色苷类化合物,其稳定性较差,容易受上述因素的影响而发生颜色变化,因此,在加工贮存过程中可以通过辅色作用、选择合适的pH值的溶液、降低贮存温度、避光保藏、干燥处理、控氧技术及添加食品添加剂等控制措施来减缓花色苷的降解速率,防止食用玫瑰花在生产或贮存期间发生褪色现象。

2.1 利用辅色作用提高花色苷的稳定性

一般来说,植物细胞的酸碱度多为微酸性或中性,花色苷在这种条件下颜色较浅,而食用玫瑰花在自然条件下之所以呈现鲜艳的颜色与辅因子的辅助成色作用有密切关系,而辅色作用则是通过花色苷与辅助因子相互作用形成类似三明治结构的反应过程,进而阻止花色苷的水化转换,达到提高花色苷稳定性、增强食用玫瑰花色泽的效果^[42]。按照分子间所形成作用力可将辅色作用分为两类:一类是花色苷与自身的芳香酰基发生酰化作用,通过共价键加强分子间的键合作用,为分子内辅色作用;另一类则是通过范德华力、疏水及离子相互作用为主要驱动力产生的分子间辅色作用^[43]。近年来,对花色苷辅色作用的研究诸多,其目的在于提高花色苷的稳定性及食品质量,例如聂芊等^[44]在自然条件下,通过对照实验研究发现氨基酸、生物碱、羟基酸及黄酮类这些辅色剂均可对笃柿天然色素起到增强颜色提高其稳定性的作用。王宇滨等^[45]经实验研究表明苹果酸、单宁酸和草酸通过辅色作用既可以增加紫玉米中酰基化花青素的比例,又提高了紫玉米花青素的活化能,致使其热稳定性增加。

2.2 选择合适的pH值溶液处理食用玫瑰花

在不同介质溶液中,食用玫瑰花中的花色苷可呈现不同的颜色。因此,可使用柠檬酸、苹果酸、乙酸等可食性酸配制较为合适的pH值溶液来处理食用玫瑰花,其作用机理有所不同:柠檬酸溶液处理食用玫瑰花可降低细胞液内pH值,增加花色苷在酸性溶液中的溶解程度,使其保持红色的花色苷阳离子结构;由于苹果酸和乙酸可使花色苷发生酰基化作用,因此,可以防止水化反应引起的花色苷失色,对花色苷的色泽稳定性起到保护作用。兰伟等^[46]利用化学保色法将玫瑰花瓣浸泡在20%的MgCl₂和柠檬酸溶液中5 h后再经快速干燥,其颜色保持不变或变化很小,且长久保持不褪色。

2.3 采用低温贮存提高花色苷的稳定性

根据酶对花色苷稳定性的影响可知:食用玫瑰花中所含的酶类是影响花色苷稳定性的主要因素之一,而食用玫瑰花褪色不仅涉及了花色苷糖苷酶对花色苷的降解反应,又与玫瑰花生所含的花色苷、单宁等多酚类物质所发生的酶促褐变有关,因此,可采用低温冷冻的方法降低酶的催化活性及阻碍微生物的生长繁殖,使玫瑰鲜花得以长时间保藏而不腐败变质。如马希汉等^[47]将玫瑰鲜花置于冰箱中冷冻42 d后进行观察发现:玫瑰花瓣颜色为淡粉红色,花蕊颜色和鲜花颜色差不多。苏红霞等^[48]将玫瑰花瓣放入温度为-35℃的深冷冰箱中,保存25 min,等到温度降到-18℃后取出放入-18℃的冰箱中保存,发现玫瑰花色泽稍微变艳,外观形态几乎不变。

2.4 采用避光保藏食用玫瑰花

光照对花色苷的影响虽不是最主要的作用因素,但也会对花色苷的降解起到促进作用,不同类型的光照对花色苷的影响是不同的,比如说蓝光和紫外光可有效促进花色苷合成^[49],而长时间日光照射可促进花色苷降解,导致食用玫瑰花褪色。因此,将食用玫瑰花避光保藏可延缓花色苷的降解。聂晓燕^[50]通过实验对玫瑰花红色素理化性质进行了初步研究后发现:随着光照时间的延长,玫瑰花色苷发生了降解,应采用避光保存;郭松年等^[51]采用不同的光照条件来研究其对石榴汁花色苷稳定性影响的结果表明:在较高剂量日光灯照射下,花色苷容易分解,且降解速率大于其在散射光和黑暗环境下的降解速率,因此,避光贮藏可减缓石榴汁花色苷的降解速率。

2.5 利用干燥技术对食用玫瑰花进行保色处理

目前,既能保持食用玫瑰花良好的形态和色泽,又可延长其保藏期常用的方法就是干燥法,其目的是通过降低食用玫瑰花的水分含量,来提高花色苷的稳定性。宋春芳等^[52]通过不同干燥方法对玫瑰花瓣干燥速率和品质的影响实验表明:微波真空干燥能延缓玫瑰色素氧化速率,减少褐变现象的产生,用盐、酸、生物活性染料、色素等对玫瑰花进行护色处理后再干燥的玫瑰花颜

色鲜艳,保存时间较长。苏红霞等^[48]在对食用玫瑰鲜花处理工艺的研究中通过比较几种不同的处理方法表明:热风烘箱干燥方式适用于原料处理,而玫瑰花经真空冷冻干燥处理后,外观形态及颜色保护都比较好,且花瓣颜色鲜艳,花托呈现出鲜绿色。一般来说,玫瑰干花的贮存时间要比鲜花的贮存时间要长。

2.6 采用控氧技术提高花色苷的稳定性

氧气是引起食用玫瑰花褪色最直接最主要的因素之一,因此,可采用控制贮藏环境中氧气浓度的方法以避免玫瑰花与空气中的氧气接触导致褐变或褪色,进而延长其保藏期。目前,最常用的保藏方法有气调保鲜和充气保鲜。李勇祁等^[53]研究了荔枝在低温气调贮藏和充气包装条件下保鲜效果显示:最佳的贮藏保鲜方法是气调贮藏,其次是充气保鲜,自然气调效果最差。叶式秀等^[54]利用气调贮藏对龙眼进行防腐保鲜的研究表明,经0.1%甲基托布津防腐处理后,再用塑料袋包装,然后进行抽气充氮处理,放在0~5℃或6~10℃的条件下贮藏40 d后,具有很好的保鲜效果且好果率达93%左右。以上这些方法在食用玫瑰花保藏方面还未得到广泛的研究和应用,因此,在食用玫瑰花保鲜方面的应用效果有待进一步的研究。

2.7 添加食品添加剂

在食用玫瑰花生产与贮存中,食品添加剂的应用也可对玫瑰花起到护色作用,例如金属离子、苹果酸、柠檬酸、山梨酸钾、糖及盐等。任二芳等^[55]利用金属离子和食品添加剂对桑果花色苷稳定性的影响实验得出,Fe²⁺具有增色作用,而柠檬酸、苹果酸、山梨酸钾对桑果花色苷都具有一定的护色作用。张雨桐等^[56]的研究表明酸性稳定剂柠檬酸可保护葡萄皮渣中的花色苷,且质量分数为0.02%的柠檬酸效果最好。林琳^[57]在紫甘薯红色素稳定性实验中表明葡萄糖、蔗糖对红色素均起到一定的护色作用。因此,食用玫瑰花可通过糖渍制作玫瑰产品以延长其贮存时间,而一定浓度的盐溶液处理食用玫瑰花也具有防止其腐烂褪色的效果。

3 结 语

食用玫瑰花的颜色与其植物体内所含的花色苷有密切关系,由于花色苷受其结构和外界环境因素的影响,使得食用玫瑰花发生褪色现象,这种现象会给花农及商家带来一定的利益损失,因此,探究食用玫瑰花中花色苷的稳定特性将会成为当今研究领域的热点方向。在自然环境下,玫瑰花褪色主要涉及酶促褐变反应、花色苷结构改变及外界环境因素的作用,而本文主要论述了玫瑰花褪色原因及其控制措施,但有些措施由于考虑到经济、能耗等方面的问题,还未在研究领域或实际生产中

得到广泛的应用,这就需要科研工作者在研究领域不断创新,进一步优化控制措施,为玫瑰生产和贮藏方面提供更加有效合理的控制方法。

参考文献:

- [1] 陈伟, 孟宪军, 王立男. 玫瑰花红色素提取工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2006, 27(3): 50-52.
- [2] MAZZA G, BROUILLARD R. Recent developments in the stabilization of anthocyanins in food products[J]. Food Chemistry, 1987, 25(3): 207-225. DOI:10.1016/0308-8146(87)90147-6.
- [3] 徐渊金, 杜琪珍. 花色苷生物活性的研究进展[J]. 食品与机械, 2006, 22(6): 154-157. DOI:10.13652/j.issn.1003-5788.2006.06.048.
- [4] 葛翠莲, 黄春辉, 徐小彪. 果实花青素生物合成研究进展[J]. 园艺学报, 2012, 39(9): 1655-1664. DOI:10.16420/j.issn.0513-353x.2012.09.002.
- [5] 张玲. 玫瑰(*Rosa rugosa* Thunb.)花瓣显色机理研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2015: 1-15.
- [6] WELCH C R, WU Q L, SIMON J E. Recent advances in anthocyanin analysis and characterization[J]. Current Analytical Chemistry, 2008, 4(2): 75-101. DOI:10.2174/157341108784587795.
- [7] 张玲, 徐宗大, 汤腾飞, 等. ‘紫枝’玫瑰(*Rosa rugosa* ‘Zi zhi’)开花过程花青素相关化合物及代谢途径分析[J]. 中国农业科学, 2015, 48(13): 2600-2611. DOI:10.3864/j.issn.0578-1752.2015.13.012.
- [8] 葛芹. 食用玫瑰色素的提取、纯化及性质研究[D]. 无锡: 江南大学, 2013: 11-42.
- [9] 冯作山, 杜鹃, 李勇, 等. 玫瑰色素的纯化及成分初步鉴定[J]. 食品科技, 2006, 31(10): 152-155. DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2006.10.045.
- [10] LEE J H, LEE H J, CHOUNG M G. Anthocyanin compositions and biological activities from the red petals of Korean edible rose (*Rosa hybrida* cv. Noblered)[J]. Food Chemistry, 2011, 129(2): 272-278. DOI:10.1016/j.foodchem.2011.04.040.
- [11] 李云, 赵昶灵, 杨晓娜, 等. 花色苷分子结构与其稳定性以及呈色关系的研究进展[J]. 云南农业大学学报, 2010, 25(5): 712-720. DOI:10.16211/j.issn.1004-390x(n).2010.05.004.
- [12] HRAZDINA G, BORZELL A J, ROBINSON W B. Studies on the stability of the anthocyanidin-3,5-digucosides[J]. American Journal of Enology and Viticulture, 1970, 21(4): 201-204.
- [13] 庞志申. 花色苷研究概况[J]. 北京农业科学, 2000, 18(5): 37-42.
- [14] DREWES S E, TAYLOR C W. Methylated A-type proanthocyanidins and related metabolites from *Cassipourea gummiflua*[J]. Phytochemistry, 1994, 37(2): 551-555.
- [15] 孙建霞, 张燕, 胡小松, 等. 花色苷的结构稳定性与降解机制研究进展[J]. 中国农业科学, 2009, 42(3): 996-1008. DOI:10.3864/j.issn.0578-1752.2009.03.031.
- [16] 苗丽平, 赵新节, 韩爱芹, 等. 红葡萄酒中花色苷的影响因素[J]. 酿酒科技, 2016(2): 40-46. DOI:10.13746/j.njkj.2015295.
- [17] RODRIGUEZ-SAONA L E, GIUSTI M M, WROLSTAD R E. Color and pigment stability of red radish and red-fleshed potato anthocyanins in juice model systems[J]. Journal of Food Science, 1999, 64(3): 451-456. DOI:10.1111/j.1365-2621.1999.tb15061.x.
- [18] SADILOVA E, STINZING F C, CARLE R. Thermal degradation of acylated and nonacylated anthocyanins[J]. Journal of Food Science, 2006, 71(8): 504-512. DOI:10.1111/j.1750-3841.2006.00148.x.
- [19] 高维锡, 庄艳. 玫瑰花红色素的研究进展[J]. 潍坊学院学报, 2009, 9(4): 97-99.
- [20] LALEH G H, FRYDOONFAR H, HEIDARY R, et al. The effect of light, temperature, pH and species on stability of anthocyanin pigments in four *Berberis* species[J]. Pakistan Journal of Nutrition, 2006, 5(1): 90-92.
- [21] ADAMS J B, WOODMAN J S. Thermal degradation of anthocyanins with particular reference to the 3-glycosides of cyanidin. II. The anaerobic degradation of cyanidin-3-rutinoside at 100 °C and pH 3.0 in the presence of sodium sulphite[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1973, 24(7): 763-768. DOI:10.1002/jsfa.2740240703.
- [22] 焦岩, 常影. 紫洋葱皮中花色苷稳定性和抗氧化活性研究[J]. 食品工业, 2013, 34(8): 27-29.
- [23] SHI Baosheng, ZHUO Lihuan, YANG Jianmin. Effects of light on leaf color of red leaf cherry plum[J]. Journal of Northeast Forestry University, 2007, 35(4): 16-18.
- [24] 李颖畅, 马弛, 吕艳芳, 等. 树莓花色苷稳定性的研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(10): 205-208. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2014.10.038.
- [25] 宋会歌, 刘美艳, 董楠, 等. 食品中花色苷降解机制研究进展[J]. 食品科学, 2011, 32(13): 355-359.
- [26] HUANG H T. Fruit color destruction, decolorization of anthocyanins by fungal enzymes[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1955, 3(2): 141-146.
- [27] 庞学群, 黄雪梅, 杨晓棠, 等. 多酚氧化酶在荔枝果皮花色苷降解中的作用[J]. 中国农业科学, 2008, 41(2): 540-545.
- [28] 赵昶灵, 李云, 陈中坚, 等. 花色苷的酶降解[J]. 热带亚热带植物学报, 2011, 19(6): 576-584. DOI:10.3969/j.issn.1005-3395.2011.06.016.
- [29] PENG C Y, MARKAKIS P. Effect of phenolase on anthocyanins[J]. Nature, 1963, 199(489): 597-598. DOI:10.1038/199597a0.
- [30] SAKAMURA S, WATANASE S, OBATA Y. Anthocyanase and anthocyanin occurring in eggplant (*Solanum Melangena* L.)[J]. Agricultural Biology and Chemistry, 1965, 29: 181-190. DOI:10.1080/00021369.1965.10858372.
- [31] KADER F, IRMOULI M, NICOLAS J P, et al. Proposed mechanism for the degradation of pelargonidin 3-glucoside by caffeic acid o-quinone[J]. Food Chemistry, 2001, 75(2): 139-144. DOI:10.1016/S0308-8146(00)00301-0.
- [32] CAO Jing, JIANG Weibing, WENG Mangling, et al. Effects of drought and flooding stress on photosynthetic characteristics of *Photinia fraseri* in summer and autumn[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2007, 34(1): 163-172.
- [33] 沈露露, 胡春梅, 许玉超, 等. 水分胁迫对紫色不结球白菜花色苷合成及相关基因表达的影响[J]. 西北农业学报, 2016, 25(4): 588-594. DOI:10.7606/j.issn.1004-1389.2016.04.015.
- [34] 支伟特, 赵昶灵, 陈中坚, 等. 花色苷对高等植物器官颜色的决定及其影响因素[J]. 热带亚热带植物学报, 2012, 20(3): 303-310. DOI:10.3969/j.issn.1005-3395.2012.03.015.
- [35] 任玉林, 李华, 邴贵德, 等. 天然食用色素-花色苷[J]. 食品科学, 1995, 16(7): 22-27.
- [36] 李健, 王金秋, 刘宁, 等. 紫茄皮中花青素的纯化及稳定性研究[J]. 食品工业科技, 2015, 36(21): 133-191. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2015.21.019.
- [37] 葛芹, 马晓军. 食用玫瑰花色苷的提取及其稳定性研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(14): 146-152. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2012.14.066.
- [38] DEBICKI-POSPIŠIL J, LOVRIC T, TRINAJSTIC N, et al. Anthocyanin degradation in the presence of furfural and 5-hydroxymethylfurfural[J]. Journal of Food Science, 1983, 48(2): 411-416. DOI:10.1111/j.1365-2621.1983.tb10754.x.
- [39] CAO Shaoqian, LIU Liang, LU Qi, et al. Integrated effects of ascorbic acid, flavonoids and sugars on thermal degradation of anthocyanins in blood orange juice[J]. European Food Research and Technology, 2009, 228(6): 975-983. DOI:10.1007/s00217-009-1015-2.
- [40] 张志博, 李安文, 李勤, 等. 越橘花色苷稳定性研究[J]. 食品研究与开发, 2013, 34(19): 5-8. DOI:10.3969/j.issn.1005-6521.2013.19.002.
- [41] 赵大球, 郝召君, 陶俊. 理化因子对芍药花色苷呈色的影响[J]. 吉林农业大学学报, 2015, 37(6): 687-693. DOI:10.13327/j.jjlau.2015.2797.

- [42] BOULTON R. The copigmentation of anthocyanins and its role in the color of red wine: a critical review[J]. American Journal of Enology and Viticulture, 2001, 52(2): 67-87.
- [43] 刘婷婷, 唐柯, 韩业慧, 等. 辅色素对单体花色苷辅色效果的研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(6): 111-116. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2014.20.015.
- [44] 聂芊, 吴春. 辅色素对笃柿天然色素稳定性的影响[J]. 食品研究与开发, 2002, 23(3): 31-32.
- [45] 王宇滨, 张超, 马越, 等. 几种有机酸对紫玉米花青素热稳定性的影响[J]. 食品科学, 2010, 31(7): 164-167.
- [46] 兰伟, 蔡健, 胡庆菊. 玫瑰花瓣干燥保色技术与机理研究[J]. 安徽农学通报, 2007, 30(4): 67-68. DOI:10.16377/j.cnki.issn1007-7731.2007.04. 030.
- [47] 马希汉, 王永红, 尉芹, 等. 玫瑰花保藏方法与精油得率关系的研究[J]. 林产化学与工业, 2005, 25(1): 85-89.
- [48] 苏红霞, 王燕, 张敬, 等. 食用玫瑰鲜花处理工艺技术的研究[J]. 中国酿造, 2012, 31(2): 161-165.
- [49] TSUKAYA H, OHSHIMA T, NAITO S, et al. Sugar-dependent expression of *CHS-A* gene for chalcone synthase from petunia in transgenic *Arabidopsis*[J]. Plant Physiology, 1991, 97(4): 1414-1421. DOI:10.1104/pp.97.4.1414.
- [50] 聂晓燕. 玫瑰花红色素理化性质研究[J]. 毕节师范高等专科学校学报, 2001, 19(3): 64-65.
- [51] 郭松年, 徐驰, 刘兴华, 等. 温度、pH值和光照对石榴汁花色苷稳定性的影响[J]. 食品与发酵科技, 2009, 45(5): 29-34. DOI:10.3969/j.issn.1674-506X.2009.05-010.
- [52] 宋春芳, 覃永红, 周黎, 等. 不同干燥方法对玫瑰花瓣质量的影响[J]. 东北林业大学学报, 2011, 39(3): 41-43. DOI:10.13759/j.cnki.dlxb.2011.03.025.
- [53] 李勇祁, 张青, 徐世琼. 荔枝的气调贮藏和充气包装贮藏的研究[J]. 制冷, 2000, 19(1): 7-11.
- [54] 叶式秀, 魏霖江. 龙眼气调贮藏研究初报[J]. 中国果树, 1981(1): 19-21. DOI:10.16626/j.cnki.issn1000-8047.1981.01.008.
- [55] 任二芳, 李昌宝, 孙健, 等. 金属离子和食品添加剂对桑果花色苷稳定性的影响[J]. 南方农业学报, 2014, 45(1): 98-103. DOI:10.3969/j.issn.2095-1191.2014.1.98.
- [56] 张雨桐, 朱磊, 郭志龙, 等. 葡萄皮渣花色苷稳定性研究[J]. 农产品加工, 2015(8): 1-7. DOI:10.3969/j.issn.1671-9646(X).2015.08.028.
- [57] 林琳. 紫甘薯红色素稳定性的研究[J]. 粮食加工, 2016, 41(2): 38-41.