

“法兰地”草莓果实中花色素苷的组成及稳定性

刘雨佳¹ 彭丽桃¹ 叶俊丽² 范刚¹ 王露¹ 杨书珍¹

1. 华中农业大学食品科技学院/环境食品学教育部重点实验室, 武汉 430070;

2. 华中农业大学园艺林学学院, 武汉 430070

摘要 运用液质联用仪(HPLC-MS)和高效液相色谱仪(HPLC-DAD)对“法兰地”草莓果实中的花色素苷的种类进行鉴定,并进一步对纯化后的“法兰地”草莓果实花色素苷的稳定性进行研究。结果表明:草莓果实中主要的花色素苷是矢车菊素-3-葡萄糖苷、天竺葵素-3-葡萄糖苷、天竺葵素-3-芸香糖苷和天竺葵素-丙二酰葡萄糖苷。草莓果实花色素苷对高温敏感,当贮藏温度高于 40 ℃时,其降解速率迅速增加。不同光质条件下草莓果实花色素苷所表现的稳定性有所不同,其中,在红光条件下草莓果实花色素苷最稳定,其次是黄光和绿光,白光条件下稳定性最差。草莓果实花色素苷在 pH 1.0~6.0 能保持稳定。添加 5% 的单糖或有机酸对草莓果实花色素苷的稳定性无显著影响,添加 10% 的单糖或有机酸在一定程度上降低草莓果实花色素苷的稳定性。

关键词 草莓; 贮藏; 花色素; 花色素苷; 花色素苷稳定性; 花色素苷结构

中图分类号 S 668.4 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2016)01-0024-07

草莓在世界范围内广泛栽培,目前中国的草莓栽培面积和产量均居世界第一,其果实色泽艳丽、柔软多汁、风味独特、营养丰富,素有“水果皇后”的美称,不仅作为鲜食水果深受消费者喜爱,同时在食品工业中也有广泛应用^[1]。果实颜色是影响新鲜果蔬品质的重要外观因素之一,草莓色泽在采后贮运和加工过程中容易发生光泽度降低,色泽变暗淡等色泽劣变现象,严重影响草莓及其加工品的商品价值。

花色素苷类是草莓果实产生鲜红颜色的主要原因,同时还具有抗氧化、抗衰老、抗癌及改善血清脂质等多种生理功能^[2],在食品、化妆品、医药等领域有着巨大应用潜力。但由于花色素苷的性质不稳定,在食品加工和贮藏过程当中,花色素苷容易通过不同途径降解为无色或者棕褐色的可溶或不溶性产物^[3],给食品贮藏与加工制品的品质保持造成困难。因此,研究花色素苷结构及稳定性具有重要意义。“法兰地”草莓种苗抗高温、高湿,抗病能力强,果实口感风味独特,果实硬度大,非常适合长途运输,是我国华南地区的草莓主栽品种。研究“法兰地”草莓花色素苷及其稳定性对于“法兰地”草莓在贮藏过程中的色泽劣变的控制及花色素苷的进一步开发利用

具有重要意义。笔者在提取纯化“法兰地”草莓果实花色素苷的基础上,对“法兰地”草莓的花色素苷种类进行结构鉴定,并进一步研究温度、光照、糖、有机酸等因素对“法兰地”草莓花色素苷稳定性的影响,为草莓花色素苷的开发利用和草莓花色素苷的降解机制提供理论依据和参考。

1 材料与amp;方法

1.1 材料与试剂

供试“法兰地”草莓于 2014 年 3 月 4 日采自湖北省武汉市农业科学技术研究院“法兰地”草莓基地。盐酸、甲酸、甲醇、乙醇、氯化钾、无水乙酸钠、磷酸氢二钠、柠檬酸、琥珀酸、果糖、半乳糖、葡萄糖、甘露糖等均为分析纯。

1.2 试验方法

1)“法兰地”草莓花色素苷的提取、分离纯化。“法兰地”草莓挑选去蒂,于 80% 甲醇提取液(pH=1.0)中榨汁,然后静置 2 h,提取液于 5 000 r/min 离心,上清液为花色素苷提取液,将制备的花色素苷提取液旋转蒸发浓缩,经 AB-8 大孔树脂,先用 0.1% 盐酸洗去糖、蛋白质等水溶性杂质,再用 70% 的酸

收稿日期: 2015-05-21

基金项目: 国家重点基础研究发展计划项目(2013CB127105)

刘雨佳,硕士研究生。研究方向: 果蔬贮藏保鲜。E-mail: 314167389@qq.com

通信作者: 彭丽桃,博士,副教授。研究方向: 果蔬贮藏保鲜。E-mail: penglt12@mail.hzau.edu.cn

化乙醇(0.1%盐酸)洗脱,收集洗脱液,浓缩。进一步将浓缩液用乙酸乙酯萃取,花色苷溶于水相中,部分其他类黄酮物质溶于乙酸乙酯相,反复萃取,合并水相,浓缩,将纯化好的花色苷提取液密封,4℃低温保存。

2)“法兰地”草莓花色苷的含量测定。以果实中总花色苷含量反映草莓果实中花色苷的变化规律。“法兰地”草莓总花色苷含量测定采用pH示差法,取0.025 mol/L pH 1.0的氯化钾缓冲液和0.4 mol/L pH 4.5的醋酸钠缓冲液各3 mL,分别加入待测样品0.5 mL,混匀,平衡1 h,用蒸馏水作空白,用紫外-可见分光光度计分别测定在510 nm和700 nm(校正浑浊度)下的吸光度,并按下式计算稀释样品的吸光度 D 。 $D = (D_{510} - D_{700})_{\text{pH 1.0}} - (D_{510} - D_{700})_{\text{pH 4.5}}$,然后计算原始样品中花色苷色素质量浓度:花色苷 = $(D \times M \times D_f \times 1000) / (\epsilon \times L)$ 。其中, M :摩尔质量,天竺葵素-3-葡萄糖苷,433; ϵ :摩尔吸光系数,天竺葵素-3-葡萄糖苷,22 400; D_f :稀释倍数。

“法兰地”草莓花色苷含量的HPLC检测:采用Hypersil-ODS C18柱(250 mm × 4.6 mm, 5 μm),流动相A:水(1%甲酸);流动相B:甲醇,进样量:20 μL,流速:0.6 mL/min。洗脱条件:0~10 min,10%~25%B;10~15 min,25%~30%B;15~50 min,30%~50%B;50~60 min,50%~60%B;60~68 min,60%~10%B;68~70 min,10%B。扫描波长:200~800 nm,检测波长为510 nm。

3)“法兰地”草莓花色苷的结构鉴定。运用HPLC-MS技术鉴定花色苷结构,质谱条件:ESI(正离子、负离子模式),干燥器温度:325℃,载气流量:40 psi,干燥气流速:10 L/min,毛细管电压:3.5 kV,毛细管出口电压:136 V,质量扫描范围 m/z :50~1 000。

1.3 “法兰地”草莓花色苷稳定性影响因子研究

1)温度对“法兰地”草莓花色苷稳定性的影响。将“法兰地”草莓花色苷溶液分别放置于4、20、40、60、80℃,分别测定溶液在0、0.5、1、1.5、2、2.5、3 d时花色苷含量。并采用液相色谱分析“法兰地”草莓花色苷溶液在4、40、80℃条件下放置不同时间的主要花色苷含量。花色苷的热降解遵循一级反应动力学模式,其反应速率常数(k)和半衰期($t_{1/2}$)可采用下面公式计算得出: $\ln(C_t/C_0) = -k \times t$; $t_{1/2} = -\ln 1/2 \times k^{-1}$,其中: C_0 ,花色

苷起始浓度; C_t ,在选择温度下加热 t 段时间后的花色苷浓度; k ,一级反应速率常数, min^{-1} ; t ,热处理时间,h。

2)pH对“法兰地”草莓花色苷稳定性的影响。将“法兰地”草莓花色苷溶液用柠檬酸-磷酸缓冲液稀释成pH 1.0、2.0、3.0、4.0、5.0、6.0、7.0、8.0的溶液,放置于20℃,测定“法兰地”草莓花色苷的紫外-可见光吸收光谱,并测定花色苷溶液在放置第1、2、3、4、5、6天时的花色苷含量。

3)单糖和有机酸对“法兰地”草莓花色苷稳定性的影响。分别向“法兰地”草莓花色苷溶液中添加一定量的单糖(果糖、半乳糖、甘露糖和葡萄糖)或有机酸(柠檬酸和琥珀酸),使其含量达到5%或10%。置于20℃分别在放置1、2、3、4、5、6 d时的花色苷含量。

4)光照对“法兰地”草莓花色苷稳定性的影响。将花色苷溶液分别在红光、黄光、白光、绿光等不同光质下照射,以避光为对照,20℃放置,分别测定草莓花色苷溶液在放置第1、2、3、4、5、6天时的花色苷含量。

1.4 数据分析

数据结果以平均值±标准误差表示(Mean ± SE)表示,用SPSS软件进行统计分析和作图。

2 结果与分析

2.1 “法兰地”草莓花色苷的结构鉴定

图1为“法兰地”草莓花色苷提取物的HPLC色谱图,在波长为510 nm时主要检测花色苷类物质。峰1,一级质谱的分子离子峰 $[M]^+$ 为 m/z 449.2,二级质谱的碎片离子峰 $[A]^+$ 为 m/z 286.7,UV λ_{max} 为233.1和518.9;结合与标品中的矢车菊素-3-葡萄糖苷的特征质荷比、保留时间和紫外-可见光特征吸收峰比对,推测峰1为矢车菊素-3-葡萄糖苷。峰2的一级质谱的分子离子峰 $[M]^+$ 为 m/z 433,二级质谱的碎片离子峰为 m/z 270.7, m/z 270.7是 $[M]^+$ 为 m/z 433失去一个己糖基团形成的,是天竺葵素的特征碎片离子峰,结合UV λ_{max} 为276.9、501.8,推测峰2是天竺葵素-3-葡萄糖苷^[4]。峰3的一级质谱的分子离子峰 $[M]^+$ 为 m/z 579.0,二级质谱的碎片离子峰为 m/z 432.8、270.7,结合UV λ_{max} 为279.3、505.5,与天竺葵素-3-芸香糖苷的特征碎片离子峰和紫外-可见光特征吸收峰一致,推测为天竺葵素-3-芸香糖苷。峰4的一级质谱的分

子离子峰 $[M]^+$ 为 m/z 519.0,二级质谱的碎片离子峰为 m/z 432.8、270.7,UV λ_{\max} 为 281.7、503.1,与

天竺葵素-3-丙二酰葡萄糖苷的相关信息一致^[5],推测为天竺葵素-3-丙二酰葡萄糖苷。

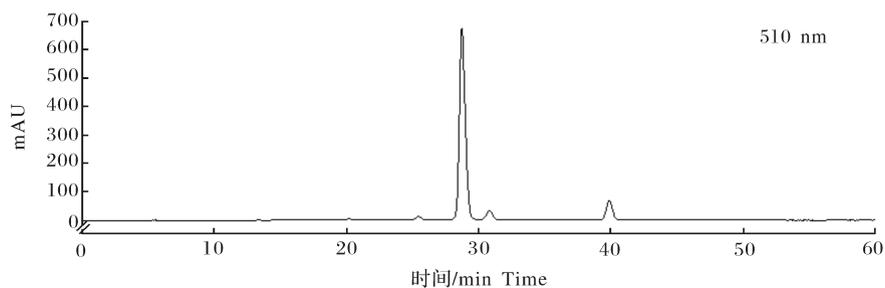


图 1 “法兰地”草莓花色苷提取物 HPLC 色谱图

Fig.1 HPLC chromatograms of anthocyanin extracts from “Falandi” strawberry

2.2 温度对“法兰地”草莓花色苷稳定性的影响

由图 2A-D 可知,随着“法兰地”草莓花色苷溶液放置温度的升高,花色苷的损失率显著提高。在 4、20℃下放置 60 h 后,相对保存率仍为 94.25%、

90.15%。而分别在 40、60、80℃条件下放置 60 h 后,花色苷的相对保存率分别为 73.45%、51.64%和 45.64%。从表 1 可知,随着温度的增加,草莓总花色苷的反应速率常数增大,半衰期逐渐减少。

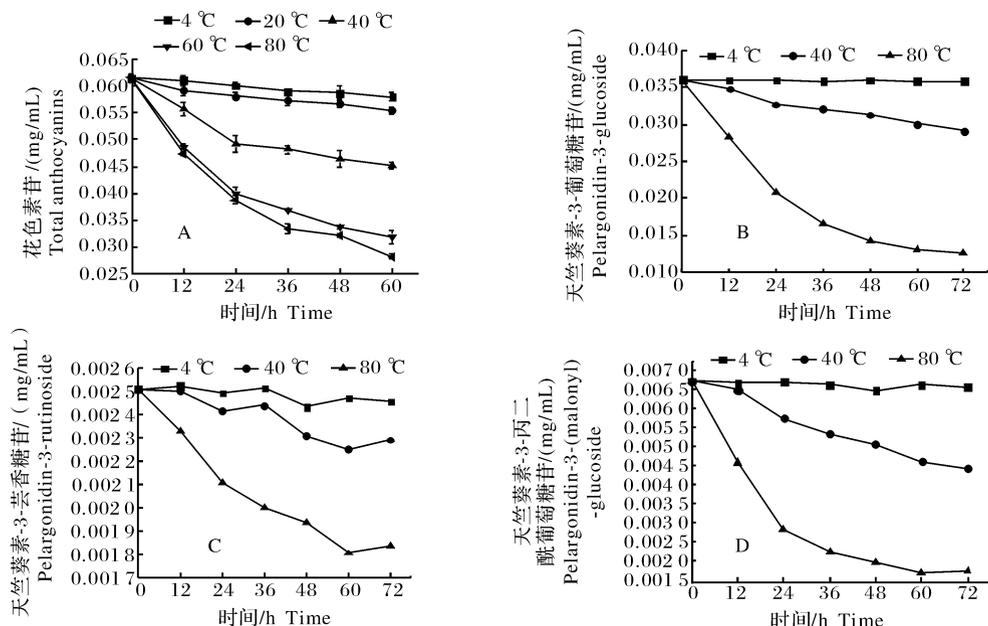


图 2 温度对“法兰地”草莓花色苷稳定性的影响

Fig.2 The effect of temperature on stability of “Falandi” strawberry anthocyanins

从图 2B-D 可以看出,“法兰地”草莓花色苷溶液分别在 4、40、80℃条件下放置 72 h 后,天竺葵素-3-葡萄糖苷保存率分别为 99.32%、80.78%、34.79%;天竺葵素-3-芸香糖苷的保存率分别为 98.01%、91.39%、73.25%;天竺葵素-3-丙二酰葡萄糖苷的保存率分别为 97.78%、65.90%、25.98%。

各花色苷单体的热降解参数(表 1)与总花色苷呈现相同变化趋势,反应速率常数均随着温度升高而增大,半衰期则逐渐减少。因此,在“法兰地”草莓主要花色苷中,天竺葵素-3-丙二酰葡萄糖苷在高温条件下稳定性最差,其次是天竺葵素-3-葡萄糖苷,天竺葵素-3-芸香糖苷对高温的稳定性相对较好。

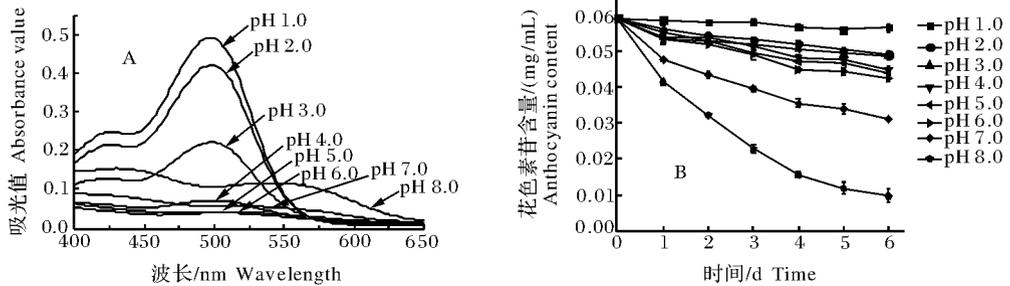
表 1 不同温度贮藏过程中“法兰地”草莓花色素苷的热降解参数
Table 1 Thermal degradation parameters of “Falandi” strawberry anthocyanins

成分 Composition	<i>k</i>			<i>t</i> _{1/2} /h		
	4 °C	40 °C	80 °C	4 °C	40 °C	80 °C
总花色素苷 Total anthocyanins	0.001 0	0.005 5	0.013 3	703	126	52
天竺葵素-3-葡萄糖苷 Pelargonidin-3-glucoside	0.000 5	0.003 0	0.018 1	1 426	231	38
天竺葵素-3-芸香糖苷 Pelargonidin-3-rutinoside	0.000 5	0.001 6	0.005 4	1 518	436	127
天竺葵素-3-丙二酰葡萄糖苷 Pelargonidin-3-(malonyl)-glucoside	0.000 5	0.006 0	0.024 4	1 335	116	28

2.3 pH 对“法兰地”草莓花色素苷稳定性的影响

由图 3A 可知，“法兰地”草莓花色素苷溶液的可见光光谱图符合花色素苷的光谱特征，当 pH 值在 1.0~3.0 时，“法兰地”草莓果实花色素苷溶液呈红色，且在 500 nm 处有明显的最大吸收峰。随着 pH 值的增大，花色素苷溶液在最大吸收峰处的吸光值逐渐减小，红色变浅；当在 pH 值大于 5.0，可见光区的吸收峰消失，花色素苷溶液的颜色变为褐红色。

由图 3B 可知，“法兰地”草莓花色素苷溶液在 pH 值 1.0~6.0 时均能较好地保持其色泽稳定性，花色素苷溶液放置第 6 天时总花色素苷的保存率均达到 70% 以上。在 pH 7.0 和 8.0 的环境下，花色素苷随着放置时间的延长下降较快，放置第 6 天时，保存率分别为 52.50% 和 16.36%。因此，偏酸性环境有利于“法兰地”草莓花色素苷稳定性的保持，中性至偏碱性环境促进草莓花色素苷的破坏。



A: 可见光区波长扫描图 Absorption spectrum; B: 贮藏过程中的含量变化 Change of concentration at different pH values.

图 3 pH 值对“法兰地”草莓花色素苷稳定性的影响

Fig.3 The effect of pH values on stability of “Falandi” strawberry anthocyanins

2.4 单糖和有机酸对“法兰地”草莓花色素苷稳定性的影响

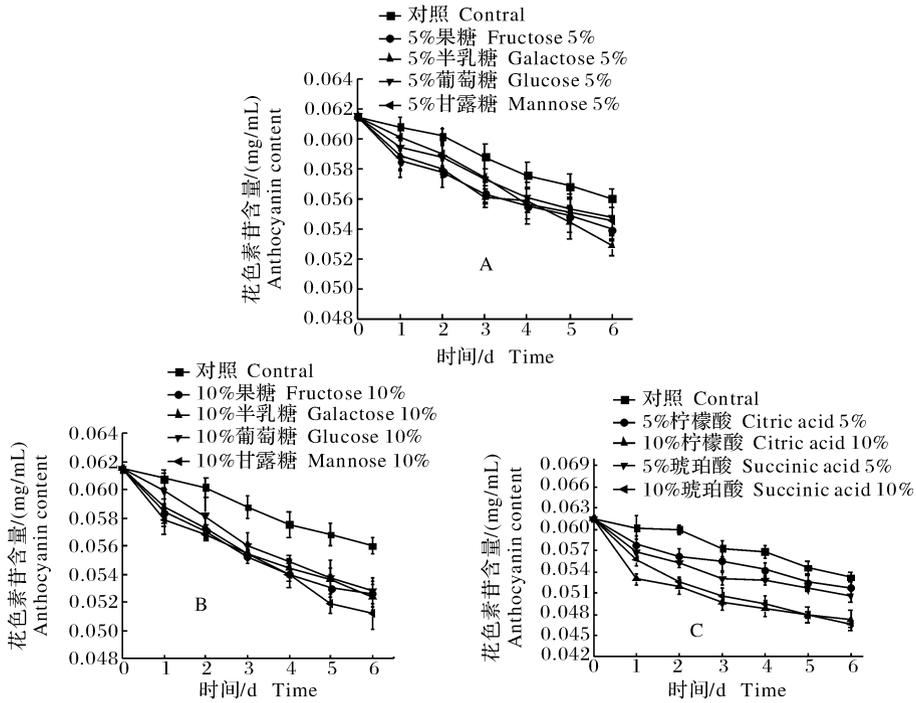
由图 4 可知，分别添加果糖、半乳糖、葡萄糖和甘露糖对“法兰地”草莓果实花色素苷稳定性产生一定影响。当果糖、半乳糖、葡萄糖和甘露糖等单糖添加量为 5% 时，放置 6 d 后“法兰地”草莓果实花色素苷的保存率分别为 88.16%、86.37%、89.43%、89.15%；当添加量为 10% 时，放置 6 d 后花色素苷的保存率分别为 86.03%、85.64%、86.35%、83.74%，对照的保存率为 93.53%。果糖、半乳糖、甘露糖比葡萄糖更易促使花色素苷降解。有机酸对“法兰地”草莓果实花色素苷稳定性的影响与单糖对草莓果实花色素苷稳定性影响相类似。添加柠檬酸 (5%、10%) 和琥珀酸 (5%、10%) 的花色素苷溶液经过 6 d 的放置后，花色素苷的保存率分别为

84.16%、76.65% 和 82.31%、75.87%，对照为 93.08%，添加琥珀酸对“法兰地”草莓果实花色素苷的影响较添加柠檬酸大。因此，添加有机酸对“法兰地”草莓果实花色素苷的降解有一定促进作用。

2.5 光照对“法兰地”草莓花色素苷稳定性的影响

光照是影响花色素苷稳定性的重要因素，也是引起草莓在贮藏与加工过程中色泽劣变的关键因素。不同光质对“法兰地”草莓果实花色素苷稳定性的影响如图 5 所示，随着光照时间的延长，花色素苷溶液中花色素苷的含量不断下降，且比避光条件下“法兰地”草莓果实花色素苷的降解速度快。当放置至第 6 天时，避光下花色素苷含量下降为初始含量的 85.65%，而红光、黄光、绿光、白光等不同光质照射下，“法兰地”草莓果实花色素苷溶液中花色素苷含量分别下降至初始值的 70.68%、61.76%、

62.00%、58.42%。因此,光照可以显著破坏“法兰地”草莓果实花色素苷的稳定性,其中白光照射的破坏作用最强,其次为绿光和黄光,红光的破坏程度最小。



A:5%单糖 5% sugars; B:10%单糖 10% sugars; C:有机酸 Organic acids.

图 4 单糖和有机酸对“法兰地”草莓花色素苷稳定性的影响

Fig.4 The effect of sugars and organic acids on stability of “Falandi” strawberry anthocyanins

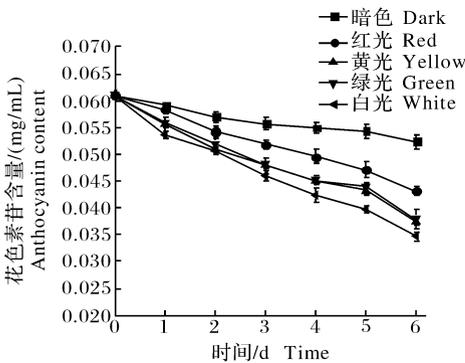


图 5 光照对“法兰地”草莓花色素苷稳定性的影响

Fig.5 The effect of light on stability of “Falandi” strawberry anthocyanins

3 讨论

花色素苷是一类可使植物器官呈红色和蓝色的酚类物质^[6]。草莓果实花色素苷主要含有天竺葵素-3-葡萄糖苷、矢车菊素-3-葡萄糖苷、天竺葵素-3-芸香糖苷、矢车菊素-丙二酰葡萄糖苷,其中天竺葵素-3-葡萄糖苷的含量最高,约占 58%~93%,而矢

车菊-3-葡萄糖苷和天竺葵素-3-芸香糖苷也广泛存在于草莓中^[4-5]。本试验从“法兰地”草莓果实中检测出矢车菊-3-葡萄糖苷、天竺葵素-3-葡萄糖苷、天竺葵素-3-芸香糖苷和天竺葵素-丙二酰葡萄糖苷,含量分别为 1.50%、84.90%、4.24%和 9.22%。因此,天竺葵素-3-葡萄糖苷和天竺葵素-丙二酰葡萄糖苷是草莓中的主要花色素苷,含量占总花色素苷的 94.12%,对草莓及其加工品的色泽变化具有重要影响。

研究表明,花色素苷受热后降解速率变快,使花色素苷向无色查尔酮结构转化,最后生成棕褐色的物质及部分沉淀物^[7-8]。因此,草莓果实及浆汁在贮藏加工过程中遇到高温会出现红色减退,色泽变暗的现象。花色素苷的热降解规律符合第一热力学公式,随着加热温度的升高,加热时间的增加,花色素苷的降解加快^[8]。温度升高,降解速率常数变大,樱桃花色素苷降解率在 22 °C 下比在 2 °C 下快 1.8 倍,在 75 °C 下比在 2 °C 下快 172 倍^[9]。本试验发现,“法兰地”草莓果实花色素苷在高于 40 °C 时即发生大量降解。“法兰地”草莓果实主要花色素苷中,天

竺葵素-3-丙二酰葡萄糖苷在高温条件下稳定性最差,其次是天竺葵素-3-葡萄糖苷,天竺葵素-3-芸香糖苷对高温的稳定性最好。因此,在“法兰地”草莓果实的贮藏加工过程中,低温环境有利于“法兰地”草莓果实花色素苷稳定性的保持。

pH 可以影响花色素苷结构之间的平衡反应,使花色素苷的结构重排,改变花色素苷的存在形式。因此,不同 pH 条件下花色素苷溶液呈现不同的颜色,在可见光区的最大吸收波长及稳定性也不同。花色素苷在低 pH 条件下表现稳定,随着 pH 的上升,迅速降解,花色素苷被裂解成花色素基元及糖基两部分^[10]。研究表明,草莓色素的吸光度随 pH 的增大而减小,在碱性环境下稳定性遭到了破坏^[11]。本试验中,“法兰地”草莓果实花色素苷在 pH 1.0~6.0 颜色逐渐变浅,能保持较好的稳定性;当 pH 7.0~8.0 时,“法兰地”草莓果实花色素苷的颜色发生褐变,表明花色素苷的结构遭到破坏。因此,草莓果实花色素苷在偏酸性环境下有利于其色泽的保持。

糖和有机酸的组分与含量是果实及其加工品品质的重要组成因素,直接影响果实及其加工品的风味、口感及感观品质。果糖、乳糖等单糖可以通过美拉德反应生成糠醛类化合物或衍生物,这些降解产物通过亲电力快速地和花色素苷结合,最后导致花色素苷溶液的褪色、褐变和混浊。任二芳等^[12]研究发现甜味剂葡萄糖、蔗糖均对桑果花色素苷有明显的破坏作用;酸味剂柠檬酸、苹果酸能提高花色素苷的稳定性。本试验发现添加 5% 或 10% 的单糖或有机酸均能在一定程度上引起“法兰地”草莓果实花色素苷稳定性下降,并未发现有机酸能提高花色素苷的稳定性,这可能与花色素苷的种类和有机酸的使用浓度有关。

研究表明,花色素苷对光的稳定性随着光照强度的增加而降低^[13-14]。在本试验中,花色素苷对光照表现出较强的敏感性,对“法兰地”草莓果实花色素苷的破坏速度最快的是白光,其次是黄光和绿光,红光对“法兰地”草莓果实花色素苷的破坏速度最慢。朱新贵等^[15]在研究不同光质照射玫瑰茄色素时,发现蓝光下的色素破坏速度最快,而红光下色素被破坏速度最慢。因此,光照条件不利于草莓果实及其加工品色泽的保持,尤其以蓝光下降解严重。

“法兰地”草莓果实中的花色素苷主要为:矢车菊-3-葡萄糖苷、天竺葵素-3-葡萄糖苷、天竺葵素-3-

芸香糖苷和天竺葵素-丙二酰葡萄糖苷。“法兰地”草莓果实花色素苷在高于 40 °C 温度下贮藏稳定性降低,随着温度的升高花色素苷降解速度加快。“法兰地”草莓的花色素苷中的天竺葵素-3-丙二酰葡萄糖苷的热稳定性最差,其次为天竺葵素-3-葡萄糖苷,天竺葵素-3-芸香糖苷的热稳定性最好。花色素苷溶液在不同 pH 值下呈现不同颜色,随着 pH 值的增大,花色素苷的稳定性降低。同一温度下,花色素苷在避光保存时稳定性最好,而“法兰地”草莓果实花色素苷提取液贮藏于暗、红、黄、绿、白不同条件下,稳定性依次降低。糖和有机酸对“法兰地”草莓果实花色素苷稳定性的影响不显著,糖、有机酸浓度较高时,花色素苷的稳定性降低。

参 考 文 献

- [1] 袁友泉,李超超,许馨月,等.草莓 FaAP1 基因植物表达载体构建及在拟南芥中的超表达[J].华中农业大学学报,2015,34(5):13-18.
- [2] 吕英华,苏平,那宇.桑椹色素体外抗氧化能力研究[J].浙江大学学报(农业与生命科学版),2007(1):102-107.
- [3] SUI X N, DONG X, ZHOU W B. Combined effect of pH and high temperature on the stability and antioxidant capacity of two anthocyanins in aqueous solution [J]. Food Chemistry, 2014, 163: 163-170.
- [4] SUN J H, LIU X J, YANG T B. Profiling polyphenols of two diploid strawberry (*Fragaria vesca*) inbred lines using UH-PLC-HRMSn[J]. Food Chemistry, 2014, 146: 289-298.
- [5] 罗赞,陈宗玲,宋卫堂.草莓果实花色苷成分组成鉴定及分析[J].中国农业大学学报,2014,19(5):86-94.
- [6] ZHANG Z Q, PANG X Q, YANG C. Purification and structural analysis of anthocyanins from litchi pericarp [J]. Food Chemistry, 2004, 84: 601-604.
- [7] LAURA J. New insights into the regulation of anthocyanin biosynthesis in fruits [J]. Trends in Plant Science, 2013, 18(9): 477-483.
- [8] AYSEGUL K, MEHMET O, BEKIR C. Stability of black carrot anthocyanins in various fruit juices and nectars [J]. Food Chemistry, 2006, 97: 598-605.
- [9] BIANCA M, LUMINITA D. Influence of temperature and reserving agents on the stability of cornelian cherries anthocyanins [J]. Molecules, 2014, 19: 8177-8188.
- [10] 徐妍,于泽源,李兴国.花青素在小浆果加工过程中的稳定性 [J].食品工业科技,2012,33(4):442-444.
- [11] 赵春燕,刘臻,张颖.草莓色素稳定性研究 [J].食品研究与开发,2009,30(6):163-166.
- [12] 任二芳,李昌宝,孙健,等.金属离子和食品添加桑果花色苷稳定性的影响 [J].南方农业学报,2014,45(1):98-103.

- [13] 李杨,韩业慧,李记明,等.葡萄皮花色苷的树脂纯化及稳定性研究[J].酿酒科技,2012,211(1):28-31.
- [14] LUTFIYE E, ZEYNEP S, ISMET O. Effects of temperature, time and pH on the stability of anthocyanin extracts: prediction of total anthocyanin content using nonlinear models[J]. Food Analytical Methods, 2014, 7(6): 1328-1336.
- [15] 朱新贵,王霜,郭勇.单色光对玫瑰茄细胞红色素稳定性的影响[J].食品工业科技,1998,20(3):23-34.

Components and stabilities of anthocyanins from “Falandi” strawberry fruits

LIU Yujia¹ PENG Litao¹ YE Junli² FAN Gang¹ WANG Lu¹ YANG Shuzhen¹

1.College of Food Science and Technology, Huazhong Agricultural University/
Key Laboratory of Environment Correlative Dietology, Ministry of Education,
Wuhan 430070, China;

2.College of Horticulture and Forestry Sciences, Huazhong Agricultural University,
Wuhan 430070, China

Abstract The anthocyanins from “Falandi” strawberry fruits were identified by liquid chromatography-mass spectrometry (HPLC-MS) and high performance liquid chromatography (HPLC-DAD). The stabilities of purified anthocyanins in “Falandi” strawberry fruits were studied. The results showed that there were four main anthocyanins including cyanidin-3-glucoside, pelargonidin-3-glucoside, pelargonidin-3-rutinoside and pelargonidin-3-(malonyl)-glucoside in “Falandi” strawberry fruits. Anthocyanins from strawberry fruits had poor stability under the high temperature and lighting conditions. When the temperature was above 40 °C, the degradation rate of anthocyanin increased. The stability of anthocyanins was different under different light quality. Most anthocyanins in “Falandi” strawberry fruits were stable under the red light, following by the yellow light and green light. The stability of “Falandi” strawberry fruits was the worst under the white light. The anthocyanins in strawberry fruits were stable at pH ranging from 1.0 to 6.0. Adding 5% simple sugars or organic acid had no significant effect on the stability of the anthocyanins in strawberry fruits. Adding 10% simple sugars or organic acid decreased the stability of anthocyanins to some extent.

Keywords strawberry; storage; anthocyanidin; anthocyanin; anthocyanin stability; anthocyanin composition

(责任编辑:陆文昌)