

蓝莓花色素苷稳定性研究

孟宪军¹, 于娜¹, 李颖畅¹, 王希尧²

(1. 沈阳农业大学 食品学院, 辽宁 沈阳 110164; 2. 辽宁科技学院, 辽宁 本溪 117022)

摘要:通过对不同条件下蓝莓花色素苷特征吸光值变化的研究,探讨了其在不同 pH 值、温度、光照、氧化剂、还原剂、食品添加剂、金属离子等环境条件下的稳定性。结果表明:蓝莓花色素苷对酸碱度、温度、光照、氧化剂及还原剂非常敏感,对食品添加剂的稳定性较好,高浓度的葡萄糖、蔗糖、防腐剂对蓝莓花色素苷有较明显的护色作用。金属离子中 Na^+ 、 K^+ 、 Zn^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Fe^{3+} 对该花色素苷有不同程度的护色效果, Al^{3+} 对其稳定性有明显的破坏作用。

关键词: 蓝莓; 花色素苷; 稳定性

中图分类号: S 633.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001—0009(2008)08—0023—04

蓝莓 (Blueberry), 又称越橘、蓝浆果, 属杜鹃花科 (Ericaceae), 越橘属 (*Vaccinium*, spp), 多年生落叶或常绿灌木, 分为高丛蓝莓、半高丛蓝莓、低丛蓝莓。蓝莓果实呈深蓝色, 被白霜, 近圆形^[1]。蓝莓果中含有花色素苷、黄酮等多种多酚类生理活性成分, 具有很强的抗氧化性, 有促进视红素再合成、抗炎症、提高免疫力、抗心血管疾病、抗衰老、抗癌等多种生理活性功能^[2]。蓝莓所含有的花色素苷, 作为天然植物色素, 既有丰富的生物活性, 又无毒副作用, 无论在临床应用还是保健类食品开发方面都有广阔的开发前景, 因此蓝莓花色素苷是目前国内外研究的热点之一^[3]。对常见的几种因素对

蓝莓花色素苷稳定性的影响进行探讨, 为蓝莓花色素苷的深入研究提供一定的科学理论依据。

1 材料、试剂及仪器

1.1 试验材料

蓝莓果: 购于沈阳市双翼果业生产示范基地。

1.2 主要试剂

无水乙醇、柠檬酸、柠檬酸钠、过氧化氢、亚硫酸钠、蔗糖、葡萄糖、苯甲酸钠、氯化钠、氯化铝、氯化铁、硫酸铜、氯化钾、硫酸锌、氯化镁、氯化钙等试剂均为国产分析纯。

1.3 主要仪器

7200 型可见分光光度计: 上海尤尼柯有限公司; UV-1600 型紫外可见分光光度计: 北京瑞利分析仪器公司; 分析天平: 北京赛多利斯仪器系统有限公司; 数显恒温水浴锅 HH-6 国华电器有限公司; pHs-25 型酸度计: 上海理达仪器厂; RE-52 型旋转蒸发仪: 上海博通。

第一作者简介: 孟宪军(1960-), 男, 教授, 博士生导师, 现从事果蔬加工教学与科研工作。
收稿日期: 2008—02—27

供应量。同时, 全园增施镁肥、铁肥和锰肥, 减少喷施含 Cu 杀菌剂。
此外, 可以利用土壤 pH、有机质及有效养分间的关系, 来调节梨园土壤有效养分状况。

参考文献

[1] 李美阳, 曲柏宏, 陈艳秋, 等. 延边苹果梨园土壤营养状况的研究[J]. 延边大学农学学报, 2001, 3(1): 16-17.
[2] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 23-257.

Soil Nutrient State of Main Pear Gardens in Fuquan City

AN Hua-ming¹, HUANG Wei¹, LIU Ming¹, LI Sheng-yi², SONG Shi-liang³

(1. Research Institute for Fruit Resources of Karst Mountain Region, Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550025, China; 2. Fruit Tree Station of Agricultural Bureau, Fuquan, Guizhou 550500, China; 3. Technological Bureau, Fuquan, Guizhou 550500, China)

Abstract: According to the investigation and determination on soil nutrients states of the main pear production area in Fuquan, Guizhou province. Results showed that the content of organic matter is abundant in this area totally. Although its higher in N、P、K content, but there's little utility content which can be absorbed by plants. It's short of Ca and Mg contents. And it's plentiful of Zn、B、Cu with the uniformity distribution. Fe and Mn are maldistribution and there's a great disparation in the different orchard. We should compound with science in manure management later.

Key words: Pear gardens; Soil nutrient; Contents; Distribution

2 试验方法

2.1 蓝莓花色素苷的提取

称取一定量蓝莓果, 研磨破碎后, 用 pH 为 3 的 60% 的乙醇溶液, 按 1 g : 15 mL 的比例混合均匀, 于 40℃ 下浸提 2 h 后抽滤。收集到的滤液于 40℃ 下减压浓缩得到红色粘稠的粗提液, 经 AB-8 大孔树脂纯化、洗脱后, 再次进行减压浓缩即得到花色素苷浓缩液, 供稳定性试验用^[4]。

2.2 花色素苷的光谱特性

用柠檬酸-柠檬酸钠缓冲溶液将蓝莓花色素苷浓缩液稀释到一定浓度并调至 pH 为 3, 用 UV-1600 型紫外可见分光光度计在 400~700 nm 波长范围内进行光谱扫描。

2.3 蓝莓花色素苷稳定性的研究

2.3.1 pH 值对蓝莓花色素苷稳定性的影响 量取一定浓度的花色素苷浓缩液, 分别用柠檬酸-柠檬酸钠缓冲溶液配制成一定浓度的 pH 值分别为 1.0、3.0、5.0、7.0、9.0 的溶液, 混匀后室温避光放置 5 min 后, 在 400~700 nm 波长范围内进行扫描, 记录其最大吸收峰, 每 24 h 对其吸光值进行测定, 并观察其颜色变化^[5]。

2.3.2 温度对蓝莓花色素苷稳定性的影响 配制一定浓度的蓝莓花色素苷溶液, 分别于 20、40、60、80、100℃ 下避光保温, 每 30 min 取出, 待冷却后, 观察颜色变化并测定其吸光值。

2.3.3 光照对蓝莓花色素苷稳定性的影响 配制一定浓度的花色素苷溶液, 密封后分别放置于室外、室内及暗柜, 对其进行日光照射、室内自然光和暗室的试验观察, 每 5 d 对其吸光值进行测定, 并观察颜色变化^[6]。

2.3.4 氧化剂和还原剂对蓝莓花色素苷稳定性的影响 量取一定浓度的花色素苷浓缩液, 分别加入一定体积不同浓度的 H_2O_2 、 Na_2SO_3 , 配制成不同浓度梯度的 H_2O_2 、 Na_2SO_3 花色素苷溶液, 摇匀后室温暗处放置, 设对照, 间隔不同时间测定其吸光值变化^[7]。

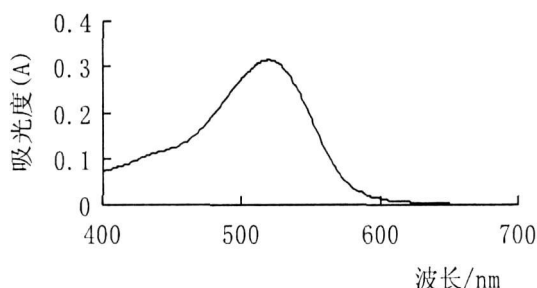


图1 蓝莓花色素苷的紫外可见吸收光谱图

2.3.5 食品添加剂对蓝莓花色素苷稳定性的影响 量取一定浓度的花色素苷浓缩液, 分别加入一定体积的不同浓度的葡萄糖、蔗糖、苯甲酸钠, 混匀后室温避光放置, 设对照, 每 5 d 对其吸光值及颜色进行测定、观察^[8]。

2.3.6 金属离子对蓝莓花色素苷稳定性的影响 将一定

体积的、不同浓度的氯化钠、氯化铝、氯化铁、硫酸铜、氯化钾、硫酸锌、氯化镁、氯化钙溶液加入到一定量的花色素苷浓缩液中, 配制成不同浓度梯度的金属离子溶液, 混匀后室温避光放置, 设对照, 每 5 d 观察溶液色泽变化并对其吸光值进行测定^[9]。

3 结果与分析

3.1 蓝莓花色素苷的光谱特性

由吸收光谱图 1 可知, 蓝莓花色素苷在 400~700 nm 之间有一最大吸收峰, 该最大吸收峰峰值为 520 nm。由于蓝莓花色素苷对 pH 值很敏感, 不同 pH 值会导致其最大吸收峰的移动, 因此以下各试验, 要根据不同 pH 值的花色素苷溶液, 选择其对应的最大吸收峰进行测定。

3.2 蓝莓花色素苷稳定性的研究

3.2.1 pH 值对蓝莓花色素苷稳定性的影响 从表 1 可知, pH 值对蓝莓花色素苷的稳定性影响很大, 在不同的 pH 值范围内, 其吸光值有明显的差异。当 pH 值为 1~3 时, 溶液吸光值变化不明显, 颜色为深红色。随着 pH 值的增加, 溶液吸光值呈下降趋势, 其颜色也由深红色变成棕褐色, 这种现象可能是由于 pH 值导致花色素苷分子结构发生变化造成的。

表1 pH 值对蓝莓花色素苷稳定性的影响

pH 值	不同时间(每 24 h)下蓝莓花色素苷的吸光值及颜色变化						颜色
	0	1	2	3	4	5	
1	0.326	0.325	0.324	0.323	0.321	0.321	深红色
3	0.325	0.322	0.321	0.316	0.309	0.297	深红色
5	0.325	0.068	0.059	0.057	0.053	0.051	棕褐色
7	0.322	0.059	0.057	0.054	0.053	0.052	棕褐色
9	0.324	0.105	0.097	0.076	0.075	0.073	棕褐色

3.2.2 温度对蓝莓花色素苷稳定性的影响 由表 2 可知, 将蓝莓花色素苷在不同温度下加热保温, 其吸光值变化很明显。室温下(20℃), 蓝莓花色素苷比较稳定, 但随着温度的上升及加热时间的累积, 花色素苷的吸光值呈明显的下降趋势, 这说明蓝莓花色素苷对热非常敏感, 在生产及加工的过程中要注意对温度的控制。

表2 温度对蓝莓花色素苷稳定性的影响

温度 /℃	不同时间(每 30 min)下蓝莓花色素苷的吸光值(A)							
	0	1	2	3	4	5	6	7
20	0.465	0.464	0.464	0.463	0.463	0.463	0.462	0.462
40	0.463	0.438	0.438	0.436	0.436	0.435	0.434	0.434
60	0.463	0.422	0.421	0.414	0.405	0.405	0.402	0.401
80	0.463	0.403	0.385	0.367	0.346	0.316	0.288	0.274
100	0.464	0.261	0.193	0.139	0.126	0.095	0.089	0.085

3.2.3 光照对蓝莓花色素苷稳定性的影响 由表 3 可知, 与室内避光放置的对照样品相比, 蓝莓花色素苷溶液在室外日光下照射一段时间后, 吸光值迅速下降, 颜色逐渐变浅, 即使室内的自然光, 其吸光值也呈缓慢的下降趋势, 这说明蓝莓花色素苷对光照的稳定性差, 需避光保存。

3.2.4 氧化剂和还原剂对蓝莓花色素苷稳定性的影响 由表 4 可知, 蓝莓花色素苷对 H_2O_2 的耐受性较差。

随着 H₂O₂ 浓度的升高及作用时间的延长, 蓝莓花色素苷的吸光值急剧下降。当 H₂O₂ 浓度为 1‰时, 花色素苷被迅速降解, 色泽快速消退。由表 5 可知, 当 Na₂SO₃ 浓度为 1×10⁻⁵ mol/L 时, 对花色素苷的稳定性影响较小, 其吸光值变化不明显, 但随着 Na₂ SO₃ 浓度的升高及作用时间的延长, 蓝莓花色素苷溶液的吸光值呈明显的下降趋势, 当浓度高于 5×10⁻⁵ mol/L 时, 花色素苷溶液被迅速降解, 这说明花色素苷对还原剂的耐受性较差。

表 3 光照对蓝莓花色素苷稳定性的影响

光照时间 (每 5d)	室外日光		室内自然光		室内避光	
	吸光值	颜色	吸光值	颜色	吸光值	颜色
0	0.416	深红色	0.416	深红色	0.418	深红色
1	0.357	深红色	0.404	深红色	0.411	深红色
2	0.257	淡红色	0.318	深红色	0.382	深红色
3	0.198	淡红色	0.291	深红色	0.364	深红色
4	0.174	淡红色	0.234	淡红色	0.352	深红色
5	0.131	浅红色	0.187	淡红色	0.291	深红色
6	0.094	浅红色	0.166	淡红色	0.266	淡红色

表 4 氧化剂对蓝莓花色素苷稳定性的影响

H ₂ O ₂ 浓度/ %	不同时间(每 10 min)下蓝莓花色素苷的吸光值(A)						
	0	1	2	3	4	5	6
对照液	0.486	0.483	0.483	0.482	0.481	0.481	0.479
0.05	0.488	0.404	0.377	0.369	0.337	0.323	0.291
0.10	0.487	0.351	0.303	0.268	0.235	0.208	0.183
0.50	0.486	0.191	0.135	0.092	0.069	0.055	0.047
1	0.485	0.097	0.067	0.053	0.051	0.045	0.045

3.2.5 防腐剂对蓝莓花色素苷稳定性的影响 结果表明, 苯甲酸钠对蓝莓花色素苷具有很好的护色效果, 会明显提高花色素苷的稳定性及吸光值, 但并不是苯甲酸钠浓度越高其护色作用越强, 当浓度达到2 mg/mL 时, 花色素苷溶液的吸光值反而有所下降。

表 5 还原剂对蓝莓花色素苷稳定性的影响

Na ₂ SO ₃ 浓度 /mol·L ⁻¹	不同时间(每 10 min)下蓝莓花色素苷的吸光值(A)							
	0	1	2	3	4	5	6	7
对照液	0.487	0.485	0.483	0.482	0.479	0.477	0.477	0.476
1×10 ⁻⁵	0.485	0.457	0.447	0.446	0.446	0.445	0.446	0.445
5×10 ⁻⁵	0.487	0.314	0.309	0.304	0.305	0.298	0.295	0.294
1×10 ⁻⁴	0.488	0.226	0.214	0.212	0.203	0.199	0.199	0.198
5×10 ⁻⁴	0.485	0.088	0.085	0.084	0.084	0.083	0.083	0.083
1×10 ⁻³	0.484	0.067	0.061	0.058	0.057	0.056	0.056	0.057

表 6 防腐剂对蓝莓花色素苷稳定性的影响

苯甲酸钠浓度 / mg·mL ⁻¹	不同时间(每 5 d)下蓝莓花色素苷吸光值的变化						
	0	1	2	3	4	5	6
对照液	0.472	0.451	0.432	0.385	0.358	0.311	0.276
0.2	0.472	0.465	0.461	0.457	0.447	0.438	0.429
0.5	0.475	0.461	0.457	0.449	0.438	0.429	0.422
0.8	0.473	0.452	0.444	0.441	0.435	0.426	0.421
1	0.474	0.444	0.441	0.439	0.433	0.417	0.421
2	0.475	0.425	0.416	0.416	0.415	0.404	0.399

3.2.6 蔗糖对蓝莓花色素苷稳定性的影响 由表 7 可知, 到试验后期, 试验组蓝莓花色素苷溶液的色泽较对照液逐渐加深, 随着蔗糖浓度的升高, 溶液吸光值均有

明显的提高, 当蔗糖浓度达到 20‰时, 对花色素苷的保护作用最强, 这说明蔗糖对蓝莓花色素苷无不良影响, 具有较好的护色效果。

表 7 蔗糖对蓝莓花色素苷稳定性的影响

蔗糖浓度 / %	不同时间(每 5 d)下蓝莓花色素苷吸光值的变化						
	0	1	2	3	4	5	6
对照液	0.494	0.457	0.421	0.397	0.361	0.332	0.305
1	0.492	0.436	0.401	0.386	0.364	0.329	0.307
5	0.492	0.482	0.461	0.447	0.418	0.387	0.361
10	0.495	0.489	0.478	0.474	0.428	0.399	0.378
20	0.503	0.498	0.485	0.476	0.461	0.443	0.428

3.2.7 葡萄糖对蓝莓花色素苷稳定性的影响 由表 8 可知, 试验组蓝莓花色素苷溶液的吸光值较对照液均有所提高, 虽然低浓度的葡萄糖溶液对其作用效果不明显, 但随着葡萄糖浓度的增加, 吸光值上升幅度逐渐增大, 溶液色泽加深, 这表明一定浓度的葡萄糖溶液可以提高蓝莓花色素苷的稳定性, 对其具有一定的护色作用。

表 8 葡萄糖对蓝莓花色素苷稳定性的影响

葡萄糖浓度 / %	不同时间(每 5 d)下蓝莓花色素苷吸光值的变化						
	0	1	2	3	4	5	6
对照液	0.494	0.457	0.421	0.397	0.361	0.332	0.299
1	0.491	0.463	0.428	0.391	0.362	0.329	0.303
5	0.492	0.468	0.447	0.391	0.369	0.349	0.311
10	0.495	0.473	0.454	0.422	0.371	0.352	0.331
20	0.499	0.475	0.459	0.399	0.383	0.373	0.364

3.2.8 金属离子对蓝莓花色素苷稳定性的影响 由表 9 可知, 8 种金属离子对蓝莓花色素苷的稳定性均有不同程度的影响, 在花色素苷溶液的吸光值及颜色变化上, 影响效果不同。

含 Na⁺、K⁺、Zn²⁺ 的花色素苷溶液, 随着金属离子作用时间的延长, 其吸光值下降趋势与对照液相似, 且一直高于对照液。从颜色变化来看, 含上述 3 种金属离子的色素溶液均呈深红色, 较对照液深, 这说明 Na⁺、K⁺、Zn²⁺ 对花色素苷具有很好的护色效果, 且随其浓度的升高护色作用明显增强; 含 Mg²⁺、Ca²⁺ 的花色素苷溶液, 其色泽较对照液均有加深, 这说明 Mg²⁺、Ca²⁺ 对花色素苷也有很好的护色作用。Mg²⁺ 浓度为 0.1 mg/mL 时护色效果最好, 但随其离子浓度的升高, 其花色素苷溶液的吸光值及色泽无明显变化; Fe³⁺、Cu²⁺ 对蓝莓花色素苷也具有一定的护色效果, 较低的金属离子浓度对花色素苷有明显的护色作用, 但随着离子浓度的提高, 花色素苷吸光值明显下降, 颜色变浅, 并且到试验后期, 含 Fe³⁺ 的花色素苷溶液, 颜色由深红色逐渐变成橙黄色; 含 Al³⁺ 的花色素苷溶液, 其吸光值均低于对照液, Al³⁺ 浓度越高, 其吸光值降幅越大, 并且花色素苷溶液的颜色也逐渐由深红色变成浅红, 这表明 Al³⁺ 对蓝莓花色素苷的稳定性有明显的破坏作用。

表 9 金属离子对蓝莓花色素苷稳定性的影响

离子	离子浓度 /mg · mL ⁻¹	不同时间(每 5 d)下蓝莓花色素苷吸光值的变化					
		1	2	3	4	5	6
Na ⁺	对照液	0.457	0.421	0.397	0.361	0.332	0.305
	1	0.461	0.457	0.439	0.428	0.417	0.384
	10	0.466	0.465	0.445	0.433	0.424	0.399
	50	0.476	0.466	0.447	0.435	0.428	0.413
	100	0.487	0.479	0.457	0.443	0.431	0.421
K ⁺	0.1	0.471	0.442	0.421	0.392	0.377	0.362
	1	0.468	0.449	0.439	0.408	0.399	0.363
	5	0.465	0.456	0.432	0.403	0.397	0.362
	10	0.465	0.451	0.433	0.405	0.397	0.364
Mg ²⁺	0.1	0.467	0.463	0.445	0.428	0.401	0.362
	1	0.461	0.458	0.432	0.406	0.383	0.345
	5	0.459	0.456	0.431	0.396	0.381	0.342
	10	0.458	0.457	0.422	0.394	0.379	0.334
Ca ²⁺	0.1	0.467	0.454	0.437	0.411	0.396	0.373
	1	0.466	0.453	0.431	0.408	0.387	0.376
	5	0.472	0.457	0.434	0.414	0.388	0.377
	10	0.481	0.463	0.449	0.421	0.393	0.382
Zn ²⁺	0.1	0.463	0.451	0.426	0.365	0.332	0.301
	1	0.462	0.452	0.434	0.418	0.408	0.389
	5	0.466	0.461	0.446	0.437	0.421	0.406
	10	0.466	0.457	0.446	0.438	0.419	0.405
Fe ³⁺	0.1	0.483	0.479	0.434	0.429	0.405	0.351
	1	0.476	0.469	0.431	0.398	0.356	0.309
	5	0.452	0.412	0.384	0.313	0.226	0.181
	10	0.455	0.416	0.378	0.282	0.213	0.154
Cu ²⁺	0.1	0.483	0.476	0.465	0.427	0.402	0.374
	1	0.483	0.478	0.463	0.421	0.403	0.378
	5	0.475	0.455	0.443	0.401	0.387	0.342
	10	0.464	0.444	0.409	0.376	0.361	0.334
Al ³⁺	0.1	0.481	0.478	0.419	0.375	0.321	0.267
	1	0.475	0.457	0.432	0.354	0.326	0.257
	5	0.468	0.465	0.434	0.353	0.291	0.252
	10	0.487	0.478	0.415	0.317	0.264	0.208

4 结论与讨论

对蓝莓花色素苷的稳定性研究表明: 该花色素苷稳定性较差。蓝莓花色素苷适合在酸性条件下(pH<

3)使用、保存; 其对热、光照都很敏感; 对氧化剂 H₂O₂ 及还原剂 Na₂SO₃ 的耐受性都很差; 防腐剂苯甲酸钠及蔗糖、葡萄糖对蓝莓花色素苷有较好的护色作用; 大多数金属离子对花色素苷均有很好的护色效果, 只是不同的离子浓度影响程度不同。而 Al³⁺ 会使花色素苷溶液颜色明显变浅, 吸光值大幅度下降, 对花色素苷有一定的影响或破坏作用。

根据试验结果, 考虑到蓝莓花色素苷的应用价值及开发利用前景, 在今后的研究工作中要根据其稳定性的影响因素及规律, 选择适当、合理的方法进行保存与加工, 并不断地展开研究, 探索更好的保护及利用蓝莓花色素苷的方法。

参考文献

[1] 李颖畅, 宣景宏, 孟宪军. 蓝莓果中花色素苷的研究进展[J]. 食品研究与开发, 2007, 28(1): 178-180.
[2] 李亚东, 姜惠铁, 张志东, 等. 中国蓝莓产业化发展的前景[J]. 沈阳农业大学学报, 2001, 3(1): 39-42.
[3] M R A. H K E. W R E. Anthocyania Ph-enolics and Antioxidant Car-paity in Diverse Small Fruites Vaccinium Rubus and Ribes[J]. J. Agric Food Chen., 2002, 50, 519-525.
[4] Lee J, Wrolstad R E. Extraction of anthocyanins and polyphenolics from blueberry processing waste[J]. Journal of food science, 2004, 69(7): 564-573.
[5] 陈志行, 雷婷. 天然花色素苷叶黄素使用中的稳定性影响因素研究[J]. 食品科学, 2004, 25(6): 88-92.
[6] 周国海, 于华忠, 余志勇. 朝天椒中辣椒红花色素苷稳定性的研究[J]. 食品科技, 2007(2): 170-174.
[7] 徐明生, 吴磊燕, 汤凯洁. 紫红薯花色素苷稳定性的研究[J]. 食品科学, 2002, 23(8): 71-73.
[8] 姚秋旺, 曾秋平, 劳永民, 等. 食品添加剂对荔枝果皮花色素苷稳定性的研究[J]. 食品科学, 2006, 27(5): 152-156.
[9] 彭永芳, 马银海, 闫孝金. 金属离子对萝卜红花色素苷稳定性影响[J]. 食品科学, 1997, 18(12): 152-155.

Studies on Stability of Anthocyanins from Blueberry

MENG Xian-jun¹, YU Na¹, LI Ying-chang¹, WANG Xi-yao²

(1. College of Food Science, Shenyang Agriculture University, Shenyang, Liaoning 110161, China; 2. Liaoning College of Science and Technology, Benxi, Liaoning 117022, China)

Abstract: Stability of anthocyanins from blueberry under different conditions such as pH, temperature, light, oxidants, antioxidants, food additives and metal ions was discussed by investigating its specific absorbance. Results showed that the anthocyanins were sensitive to pH, temperature, light, oxidant and reducer. Food additives had better effects on the stability, and high-concentration of glucose, sucrose and preservative showed the significant color maintenance. Na⁺, K⁺, Zn²⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, Cu²⁺ and Fe³⁺ had better effects on the stability of anthocyanins and showed different color maintenance to it, but Al³⁺ showed decreasing appearance significantly.

Key words: Blueberry; Anthocyanins; Stability