

Influential Factor of Anthocyanin Stability and the Potential Pathways Improving Their Stability

Leiyu Yang, Yaxin Liu, Ziluan Fan*

College of Forestry, Northeast Forestry University, Harbin Heilongjiang
Email: 18636647509@163.com, fzl_1122@163.com

Received: May 31st, 2017; accepted: Jun. 19th, 2017; published: Jun. 21st, 2017

Abstract

Anthocyanins are natural innocuous colorants which have aroused the interests of scholar due to their extensive range of colors and beneficial health effects. Despite the great application potential of anthocyanins in food, pharmaceutical and cosmetic industries, their uses are still very limited because of their instability. This article reviewed the current progress of researches on anthocyanin stability, involving multi influential factors and potential pathways improving the stability of anthocyanins products. This work was expected providing a reference about application of anthocyanins nutrition. This article summarized responses of anthocyanins to the proper environmental conditions, including pH, temperature, illumination, oxidizing agent, VC, sucrose, sodium benzoate, metal ions, high-pressure technology. This article also concluded three ways (micro encapsulation, anthocyanins acylations and adding co-pigments) improving the stability of anthocyanins. More studies would be needed for the rapid development of the food industry.

Keywords

Anthocyanins, Stability, Factor, Micro Encapsulation, Acylations

花青素稳定性影响因素与提高其稳定性途径

杨蕾玉, 柳雅馨, 樊梓鸾*

东北林业大学林学院, 黑龙江 哈尔滨
Email: 18636647509@163.com, fzl_1122@163.com

收稿日期: 2017年5月31日; 录用日期: 2017年6月19日; 发布日期: 2017年6月21日

摘要

花青素作为天然无毒色素，由于其广泛的颜色且具有保健功效，已经引起越来越多学者的兴趣。尽管花青素在食品、制药和化妆品行业有着巨大潜力，但由于其相对不稳定性，使其使用受到了很大限制。本文简述了花青素稳定性研究现状，分析了影响花青素稳定性的因素，总结了提高花青素稳定性的途径，以为应用花青素营养价值提供参考。本文从pH，温度，光照，氧和氧化剂，VC、蔗糖和苯甲酸钠，金属离子，高压技术几个方面总结了一些花青素的适宜环境。另外，还提出了三种有效的提高花青素稳定性的途径，分别是微胶囊技术，花青素酰基化以及添加辅色剂。随着更多种类花青素的发现与应用，需要更深入的研究，以适应食品工业快速发展的需要。

关键词

花青素(Anthocyanins)，稳定性，影响因子，微胶囊，酰基化

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

花青素(Anthocyanins)是一种植物中广泛分布水溶性天然食用色素，安全无毒。植物花瓣中的主要呈色物质，水果，蔬菜，花卉等五彩缤纷的颜色大部分与之有关。花青素在蓝莓，树莓，红豆越橘，黑加仑，葡萄，紫白菜，草莓，桑葚，黑豆，甘蓝，紫甘薯等蔬菜水果中含量较高。花青素属于酚类化合物中的类黄酮类，其骨架为2-苯基苯并吡喃环结构(如图1)，绝大多数花青素在3-、5-、7-位具有羟基，且在C-3位以糖苷键形式与不同的糖结合[1]。花青素在自然界中主要存在于植物的花、种子、茎、叶、果实的液泡中，花青素类物质的颜色会随着植物液泡的不同pH值呈现变化，一般在酸性环境下为红色，中性环境为紫色，碱性环境下为蓝色。除了可以作为色素，花青素的抗氧化活性也引起了人们的注意，大量研究表明，花青素具有清除自由基的能力；能保持胶原蛋白、弹性蛋白、透明质酸等大分子结构的完整性，从而保护血管内壁细胞，维持血管壁的正常功能，预防心脑血管疾病；还对肝脏的氧化性损伤具有一定的保护作用；能通过抑制肿瘤细胞中蛋白质的合成来阻止肿瘤的生长[2]。

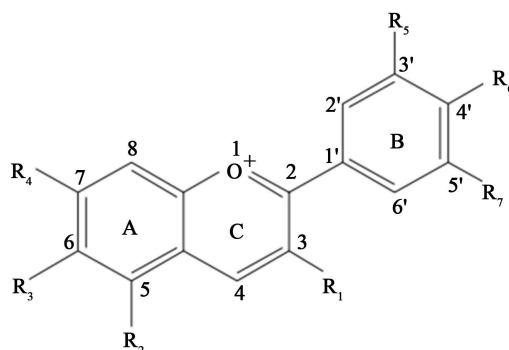


Figure 1. The basic structure of anthocyanins

图1. 花青素基本结构

花青素安全无毒，水溶性好，易添加进入食品体系，具有着色、抗氧化等多种功能，用途广泛，但因为花青素稳定性不高，所以花青素在加工储存中的稳定性仍是关注重点。

2. 花青素稳定性的影响因素

2.1. pH

pH 值对花青素稳定性的影响相对复杂，在低 pH 值情况下相对稳定。对于蓝粒小麦，Abdel-Aal El-Sayed M 发现蓝粒小麦花青素最稳定时的 pH = 1，在 pH = 3 时花青素降解速率略低于 pH = 5 [3]。Moldovan Bianca 发现花青素的降解速率满足第一反应动力学，并通过计算得出 pH = 7 时的降解速率远大于 pH = 3 时的降解速率，通过速率常数与半保留值推断出 pH 值是影响花青素的降解的重要因素。并且花青素的结构决定了其颜色，而 pH 值与其结构密切相关[4]。

2.2. 温度

花青素对高温很敏感，在贮藏和加工过程中应尽量避免高温。Culpepper 和 Garzon 研究发现，花青素的热降解规律符合第一热力学公式，温度越高、加热时间越长降解进行的越快[5] [6]。Turker N 通过比较已发酵的黑胡萝卜中的花青素在 4℃、25℃、40℃ 的分解，并用一级反应动力学计算出花青素活化能，得出 4℃ 时半留存天数最长，在 231 天至 239 天间[7]。

2.3. 光照

光照下花青素稳定性下降，长期光照会导致花青素被氧化，从而导致花色苷被降解并且使其颜色消退。光照比升温对花青素稳定性影响更大[8]。因此，花青素最好避光保存。于文娟等通过对照避光保存的保存率发现，室内散射光对花青素稳定性影响较大，通过对比 365 nm 与 254 nm 紫外光照射后的花青素保存率发现，短波紫外光短时间照射对花青素稳定性影响较大[9]。对于木枣果皮花青素，郭浩等通过观察不同光照时间下木枣果皮花青素的吸光值，发现随着光照时间延长其吸光度呈下降趋势，说明随着光照时间延长花青素进一步降解[10]。对于玫瑰花青素，在光照初期分解迅速，随着光照时间增加，分解速度降低，保存率较高[11]。Elizabeth C 等人研究发现，黑莓花青素在光照下的分解符合第二反应动力学，为了选择合适的加工方法从而减少花青素的分解，对于酒精类，果汁类饮料可以选择避光类包装材料将其进行避光，避免加入非天然色素掩饰花青素的分解[12]。

2.4. 氧和氧化剂

花青素在食品加工，储藏，运送过程中应尽量避免或减少与氧和氧化剂接触，以保持食品外观颜色。在葡萄酒的储存过程中，氧气加速了很多反应。José-Miguel 通过透过色谱与高效液相色谱等，测定储存 6 个月后的葡萄酒在 25℃，不同氧含量下(0, 1.1, 3.1, 10.6 和 30.4 mg·L⁻¹)的颜色改变与花青素成分变化，说明氧气加速了花青素的降解[13]。田喜强等通过单因素实验，比较在不同过氧化氢加入量下黑米花青素的吸光值得出，随着氧化剂量的增加，吸光度值减少明显。说明氧化剂对花青素破坏作用很大，并且破坏作用随氧化剂浓度增大而增大[14]。

2.5. VC、蔗糖和苯甲酸钠

总体来说，VC 的适量增加会提高花青素的稳定性，蔗糖和苯甲酸钠对花青素的稳定性没有显著的影响。李金星等通过绘制保存率图像发现添加一定量的 VC，减缓了花青素的降解。不同质量分数的 VC (0.05%, 0.10%, 0.25%, 0.50%, 1.00%) 都使花青素的保存率高于对照组，特别的，在 10 天后仍能保持 90% 以上的花青素。类似的方差分析得，蔗糖和苯甲酸钠没有显著提高花青素稳定性[15]。

2.6. 金属离子

不同金属离子对花青素稳定性影响不同,同一种离子对不同花青素稳定性也不同。花青素遇金属容易变色,可能由于金属离子水解作用强烈,使溶液呈较强酸性,另一种可能是金属离子和花青素之间发生螯合反应。尽管食品工业对花青素和金属离子交互作用没有特别重视,但是这种交互作用对颜色稳定确实有一定效果,例如蓝色,这种颜色的稳定性是由于花青素与某些金属 Al, Fe, Cu 等的络合作用[16]。

2.7. 高压技术

不同的高压处理对花青素稳定性影响不同。高压泵(HPP)处理已经用于保存各种食品,在处理酶活方面较有效。高压二氧化碳方法(HPCD)较明显的减少了花青素在处理和储存中的损失。高压乳匀法(HPH)仍处于实验室阶段,已经发现这种方法对花青素等化合物有保留作用[17]。

3. 提高花青素稳定性的途径

3.1. 微胶囊技术

采取适当处理对花青素进行包埋可提高花青素稳定性在食物系统中对其高效利用。Idham, Z 应用喷雾干燥法制备花青素微胶囊与未包埋的喷雾干燥粉末比较,从他们的保存期得出,前者损失较小,尤其是用麦芽糊精与阿拉伯胶结合做微胶囊壁材的效果最好,达到了最长的保存期和最小的色素改变[18]。王建飞研究发现,花青素微胶囊表征对芯材有良好保护作用,减少其与光照、氧气、温度变化、水分及其他外界不利因素接触的机会。花青素微胶囊对 DPPH 自由基、ABTS 自由基及羟自由基均有较好的清除能力,能够抑制脂质过氧化,能够提高细胞的存活率,能够显著地提高细胞的总抗氧化能力,能够增加 SOD、CAT、GSH-Px 等抗氧化酶活性,对比未包埋花青素,其微胶囊在经模拟消化道环境后仍然表现出较高的活性[19]。

3.2. 花青素酰基化

大量研究证实,花青素糖基酰化增加了花青素的体内体外化学稳定性,提高了花青素对高温,光照,pH 值改变,过氧化物的抗性,以及在胃肠胰腺中的消化。添加不同的脂肪族和芳香族酰基组对酰基化花青素稳定性增强效果不同,芳香族酰基组花青素表现出更强稳定性。另外,酰基组数量不同,花青素稳定性不同[20]。

3.3. 添加辅色剂

花青素与辅色剂之间的辅色作用对花青素稳定性有重要作用。辅色剂包括黄酮、生物碱、氨基酸等。Chung, C.等研究发现,氨基酸和肽的加入对一些饮料制品中的花青素色素的保存有一定延长作用,尤其是左旋色氨酸[21]。Chung Cheryl 在紫胡萝卜中添加绿茶提取物,香草醛,儿茶素,没食子酸,发现绿茶提取物对延长紫胡萝卜的褪色时间效果最好,半存留期从 2.9 天延长至 6.7 天,荧光猝灭测量显示,绿茶提取物中含有可以与紫胡萝卜花青素发生疏水相互作用的成分[22]。另外,花青素属于多酚类物质,可作为自身的辅色剂。

4. 小结与展望

在人们更加重视健康与回归自然的今天。天然色素花青素会逐渐取代人工色素。同时在制造加工,贮存运输,售卖食用中提高花青素稳定性引起了人们关注,了解花青素和其稳定性的影响因子可以减少花青素在加工过程中的分解,从而选择一种合适的处理方式。本文从 pH, 温度, 光照, 氧和氧化剂, VC、

蔗糖和苯甲酸钠, 金属离子, 高压技术七个方面总结了儿种花青素的适宜环境。另外, 还提出了三种有效的提高花青素稳定性的途径。加工过程中, 首先, 注意调控 pH、温度、光照、氧气等条件, 应避免与铁、铜等金属容器和工具接触; 其次, 应慎用过氧化剂等物质。综合考虑这些因素, 类似栅栏效应的, 可以达到较好效果, 例如 María de L 提出, 4℃下辅助 pH = 4 的环境, 没有光照的条件下, 火龙果皮中的花青素可在四天后保存 80% [23]。还可以通过微胶囊技术, 花青素酰基化以及添加辅色剂等途径增加花青素稳定性以适应生产需要。

随着更多种类花青素的发现与应用, 需要更深入的研究, 以适应食品工业快速发展的需要。

致 谢

感谢《林业研究》编辑部责任编辑胡彦波老师对本文英文摘要的修订, 以及基金项目的支持。

基金项目

东北林业大学国家级大学生创新训练项目(201610225017); 中国博士后科学基金(2016M600239); 黑龙江省科学自然基金(QC2016021); 国家自然科学基金(31170510); 中央高校基本科研业务费专项资金项目(2572014EA02-4)。

参考文献 (References)

- [1] 左玉, 田芳. 花青素稳定性研究进展[J]. 粮食与油脂, 2014(7): 1-5.
- [2] Yousuf, B., Gul, K., Wani, A.A., et al. (2016) Health Benefits of Anthocyanins and Their Encapsulation for Potential Use in Food Systems: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **56**, 2223-2230. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.805316>
- [3] Abdel-Aal, E.S.M. and Hucl, P. (2003) Composition and Stability of Anthocyanins in Blue-Grained Wheat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **51**, 2174-2180. <https://doi.org/10.1021/jf021043x>
- [4] Moldovan, B., David, L., Chişbora, C., et al. (2012) Degradation Kinetics of Anthocyanins from European Cranberry-bush (*Viburnum opulus* L.) Fruit Extracts. Effects of Temperature, PH and Storage Solvent. *Molecules*, **17**, 11655-11666. <https://doi.org/10.3390/molecules171011655>
- [5] Culpepper, C.W. and Caldwell, J.S. (1927) The Behavior of the Anthocyanin Pigments in Canning. *Journal of Agriculture and Research*, **35**, 107-132.
- [6] Garzon, G.A. and Wrolstad, R.E. (2002) Comparison of the Stability of Pelargonidin-Based Anthocyanins in Strawberry Juice and Concentrate. *Journal of Food Science*, **67**, 1288-1299. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb10277.x>
- [7] Turker, N., Aksay, S. and Ekiz, H.I. (2004) Effect of Storage Temperature on the Stability of Anthocyanins of a Fermented Black Carrot (*Daucus carota* Var. L.) Beverage: Shalgam. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **52**, 3807-3813. <https://doi.org/10.1021/jf049863s>
- [8] Weber, F., Boch, K. and Schieber, A. (2017) Influence of Copigmentation on the Stability of Spray Dried Anthocyanins from Blackberry. *LWT—Food Science and Technology*, **75**, 72-77. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.08.042>
- [9] 于文娟, 王常青, 聿艳, 等. 紫马铃薯花青素稳定性分析研究[J]. 农产品加工, 2015(8): 58-61.
- [10] 郭浩, 杨卫民, 王建勋. 木枣果皮花青素稳定性研究[J]. 北京农业, 2011(3): 13-15+17.
- [11] 洪稹. 玫瑰花营养成分分析及花青素稳定性研究[J]. 中国食物与营养, 2011, 17(10): 74-77.
- [12] Elizabeth, C., Araceli, C., Luis, G.G., et al. (2014) Effect of Light on Stability of Anthocyanins in Ethanolic Extracts of *Rubus fruticosus*. *Food and Nutrition Sciences*, **05**, 488-494. <https://doi.org/10.4236/fns.2014.56058>
- [13] Avizcuri, J.M., Saenz-Navajas, M.P., Echavarri, J.F., et al. (2016) Evaluation of the Impact of Initial Red Wine Composition on Changes in Color and Anthocyanin Content during Bottle Storage. *Food Chemistry*, **213**, 123-134. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.06.050>
- [14] 田喜强, 董艳萍, 赵东江. 黑米花青素的浸提工艺优化及稳定性研究[J]. 中国酿造, 2016, 35(6): 161-164.
- [15] 李金星, 胡志和, 马立志, 等. 蓝莓加工过程中出汁率及花青素的稳定性[J]. 食品科学, 2014, 35(2): 120-125.
- [16] Castaneda-Ovando, A., Pacheco-Hernandez, M.D., Paez-Hernandez, M.E., et al. (2009) Chemical Studies of Antho-

- cyanins: A Review. *Food Chemistry*, **113**, 859-871. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.001>
- [17] Marszalek, K., Wozniak, L., *et al.* (2017) The Effect of High Pressure Techniques on the Stability of Anthocyanins in Fruit and Vegetables. *International Journal of Molecular Sciences*, **18**, 277. <https://doi.org/10.3390/ijms18020277>
- [18] Idham, Z., Muhamad, I.I. and Sarmidi, M.R. (2012) Degradation Kinetics and Color Stability of Spray-Dried Encapsulated Anthocyanins from *Hibiscus sabdariffa* L. *Journal of Food Process Engineering*, **35**, 522-542. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2010.00605.x>
- [19] 王建飞. 蓝莓花青素的微胶囊化及其抗氧化活性[D]: [博士学位论文]. 合肥: 合肥工业大学, 2014.
- [20] Zhao, C.L., Yu, Y.Q., Chen, Z.J., *et al.* (2017) Stability-Increasing Effects of Anthocyanin Glycosyl Acylation. *Food Chemistry*, **214**, 119-128. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.073>
- [21] Chung, C., Rojanasasithara, T., Mutilangi, W., *et al.* (2017) Stability Improvement of Natural Food Colors: Impact of Amino Acid and Peptide Addition on Anthocyanin Stability in Model Beverages. *Food Chemistry*, **218**, 277-284. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.087>
- [22] Chung, C., Rojanasasithara, T., Mutilangi, W., *et al.* (2016) Stabilization of Natural Colors and Nutraceuticals: Inhibition of Anthocyanin Degradation in Model Beverages Using Polyphenols. *Food Chemistry*, **212**, 596-603. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.06.025>
- [23] Vargas, M.L.V., Cortez, J.A.T., Duch, E.S., Lizama, A.P. and Méndez, C.H.H. (2013) Extraction and Stability of Anthocyanins Present in the Skin of the Dragon Fruit (*Hylocereus undatus*). *Food and Nutrition Sciences*, **4**, 1221-1228. <https://doi.org/10.4236/fns.2013.412156>

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: hjfn@hanspub.org