

•科普•

doi: 10.3866/PKU.DXHX202305002

www.dxhx.pku.edu.cn

美丽俏佳人之花青素篇

赵卓, 梁大鑫*

东北林业大学材料科学与工程学院, 哈尔滨 150040

摘要: 在当今社会, 随着消费的升级, 美容和减肥逐渐成为一种全民的时尚潮流, 不仅如此, 人们更加追求一种健康的抗衰老和保持身材的方式。于是, 花青素出现在千家万户的视野中, 享有“皮肤维生素”的花青素为大家带来了福音, 帮助身体消除自由基的同时, 又有很多保健作用。本文用拟人化的手法, 从花青素的结构开始分析, 生动形象地揭秘了花青素还原美貌的神奇功效, 并科学地解释了花青素抗氧化和帮助减肥的机理, 无疑是人如其名的天然营养补充剂。

关键词: 花青素; 抗氧化; 抗衰老; 减肥

中图分类号: G64; O6

Anthocyanin: The Beauty Maker

Zhuo Zhao, Daxin Liang *

College of Materials Science and Engineering, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China.

Abstract: In modern society, with increased consumption, cosmetology, and interest in weight loss, universal fashion trends have gradually developed. More importantly, people are eager to pursue a healthier lifestyle to resist senescence and stay fit. As a result, anthocyanins, the so-called “vitamins of the skin” have emerged in millions of households. They help to eliminate free radicals and have multiple health benefits for the body. This study used an anthropomorphic approach to analyze the structure of anthocyanins, revealing the magical effects of anthocyanins for restoring beauty. We explain the mechanism of action of anthocyanin in antioxidants for weight loss as natural nutritional supplements.

Key Words: Anthocyanins; Anti-oxidation; Anti-aging; Weight loss

无论是“窈窕淑女, 君子好逑”, 还是“幸得识卿桃花面, 从此阡陌多暖春”, 又或者“回眸一笑百媚生, 六宫粉黛无颜色”, 从古至今, 人们从没有停止对美丽的追求, 如果说整容的风险太大, 拍照的修图滤镜是不真实的, 那你永远可以相信花青素, 因为他是“口服的化妆品”, 抗衰老逆生长的秘诀。

在花青素家族的努力下, 花青素逐渐走进人们的视野, 成为了新一代“网红”, 于是, 花青素的创始人决定开一场花青素大家族的年会, 找来各大媒体作为花青素的见证者, 花青素到底是“实力派”还是“偶像派”, 引起了人们的广泛关注, 花青素家族可谓是群英荟萃, 争奇斗艳, 都在为花青素的年会做准备。

收稿: 2023-05-08; 录用: 2023-06-05; 网络发表: 2023-07-03

*通讯作者, Email: daxin.liang@nefu.edu.cn

基金资助: 东北林业大学教育教学研究项目(DGY2019-30)

1 花青素家族历史

花青素家族的年会如期顺利举行，主持人小花为大家介绍花青素大家族的悠久历史，小花说：“首先感谢法国科学家马斯魁勒在1974年首次发现我们花青素大家族，后来可以在常见的食物如蓝莓、桑葚、葡萄等食物中发现我们的身影(图1)，花青素家族又化名为‘紫衣女神’。此外，还要感谢Marquart，在1835年提取矢车菊花朵中的蓝色物质时提出我们家族的名称。”

小花的开场白简洁凝练，台下响起了一片掌声……



图1 花青素含量金字塔

2 花青素家族的后援团

小花接着说：“本次年会我们很荣幸邀请到化学博士，笔名为‘火眼金睛’，在化学界，我们通常称呼他为金博士，金博士的团队曾多次对一些网红产品进行打假，毋庸置疑，金博士的出席会让大家科学理性地对待花青素这个大家族。”

金博士说：“花青素家族并不神秘，他们属于酚类化合物中的类黄酮类，其基本结构是包含两个苯环，并由一个3碳单位连结(C6-C3-C6)而成的有机物(图2)^[1]。今天，我来告诉大家，花青素家族不是网红产品，花青素家族是实至名归的，经过我们的研究，花青素家族的确具有抗突变、抗氧化、有效消除自由基的优势，可预防和治疗多种疾病。”

金博士继续说道：“正如大家在本次年会看到的，花青素家族群英荟萃，花青素家族通常含有一个单一的糖苷单元，然而有些花青素含有两个、三个或更多的糖附着在多个位置或以低聚糖侧链形式出现，他们的浓度和颜色类型受羟基和甲氧基数目的影响，如果有更多的羟基存在，则颜色会变得更蓝；如果有更多的甲氧基存在，则颜色会更红。以下是植物中比较常见的6种花青素的类型(表1)。

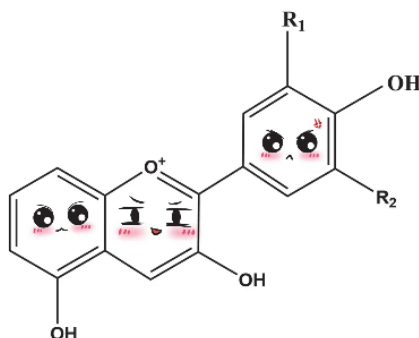


图2 花青素的基本结构

表1 植物中常见的花青素类型

花青素	英文名称	R ₁	R ₂
飞燕草色素	Delphinidin (Dp)	OH	OH
牵牛花色素	Petunidin (Pt)	OH	OCH ₃
锦葵色素	Malvidin (Mv)	OCH ₃	OCH ₃
矢车菊色素	Cyanidin (Cy)	OH	H
芍药色素	Peonidin (Pn)	OCH ₃	H
天竺葵色素	Pelargonidin (Pg)	H	H

金博士补充道：“花青素大家族种类繁多，花色苷及花青素已有250多种，花青素赋予水果丰富多彩的颜色。为了让大家更好地了解日常生活中吃的水果，我们团队通过液相色谱法，测定了常见的几种水果中普遍存在的花青素的含量，相信大家通过以下数据会更加科学地认识水果中花青素的奥秘(表2) [2]。

表2 不同种类水果中花青素含量

种类	花青素含量(mg·kg ⁻¹)					
	飞燕草色素	矢车菊色素	矮牵牛色素	天竺葵色素	芍药色素	锦葵色素
蓝莓	15.4	64.6	9.72	—	78.4	6.53
黑桑葚	2.32	209	—	—	3.40	11.9
黑葡萄	18.8	28.5	10.9	—	22.7	173
红草莓	—	31.5	—	238	—	—
杨梅	68.6	292	—	—	2.93	—
樱桃	—	66.7	—	—	14.5	—

3 花青素家族的高光时刻

3.1 抗衰老的揭秘

花青素1号代表走上台前，他说：“我们是抗氧化及清除自由基的小能手，可以降低细胞的氧化应激，维持机体内环境的动态平衡，也就是说我们这个家族会让身体减缓衰老的过程，还给大家从内而外的自然美。”

还没等花青素1号说完，台下的一位记者提出一个犀利的问题：“我们都相信抗氧化确实可以延缓衰老，请问你们家族是通过哪种方式发挥这种抗氧化作用的呢？”虽然花青素家族此次年会举办得十分顺利，但是台下的记者们还是对花青素家族充满了质疑。

这时候，花青素1号并没有被问住，自信地回答：“主要有四种方式，第一种呢，是大家比较熟悉的，我们可以清除或者抑制身体内活性氧和自由基，抑制脂质的氧化。第二种，就是作为身体的有益份子，促进、激活天然抗氧化酶体系是我们的看家本事。剩下来的两种方式就是与金属离子结合以及结合蛋白参与细胞信号通路及基因表达等途径[3]，如式(1)和式(2)所示。当然啦，我们最后的结果就是让身体更健康，让大家都有一个美丽的脸庞。”



接下来,花青素1号更是从容地打开背后的大屏幕,说道:“在意大利红酒的花青素碎片中,发现我们家族具有清除活性氧、抑制脂蛋白氧化、血小板聚集的作用。”随后,作为花青素家族的成员,矢车菊色素申请出战。花青素1号为大家播放了一个视频,视频中是一个名为杨红澎^[4]的科学家,对小鼠进行蓝莓花色苷单体的灌胃实验,周期为六周,这种花色苷单体为矢车菊-3-O-半乳糖苷(图3)。通过视频可以看到,检测的脑组织脂褐质含量和血清、脑组织中丙二醛含量明显降低,超氧化物歧化酶活性出现了明显的升高。这个视频无疑是花青素家族的外援,让台下的嘉宾和记者们都发出了肯定的声音。

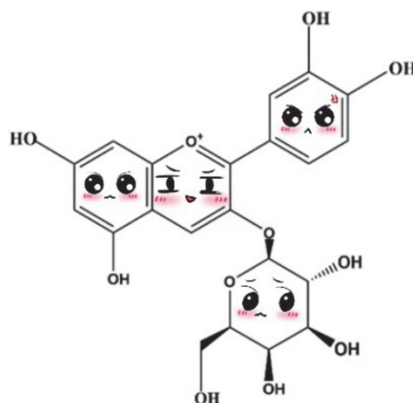


图3 矢车菊-3-O半乳糖苷的基本结构

金博士说:“为了发现花青素家族抗氧化的真相,我们以蓝莓为例,对蓝莓提取物进行抗氧化活性研究,采用主成分分析的方法对影响蓝莓抗氧化活性的特性进行评价,发现锦葵色素、飞燕草色素以及矢车菊色素对抗氧化活性贡献最大。因此,我们可以得出一个明显的结论:当我们想要和氧化对抗时,可以选择多吃蓝莓、桑葚以及葡萄。”

花青素1号微笑着说:“我在这里做一下补充,我们家族可以通过增加发育中大脑区域HO-1、Nrf2蛋白含有量表表达来激活Nrf2/HO-1信号通路,这样就可以抑制谷氨酸诱导新生鼠大脑中的氧化应激,结果就是可以保护脑神经细胞^[5]。”他还调侃道:“保护脑细胞也是为大家抗衰老保驾护航呀。”

花青素1号继续说道:“希望刚才的阐述能够让让大家了解我们抗氧化的作用,接下来,金博士会为大家更科学地解释我们这个家族的工作机理。”

金博士说:“刚才花青素1号为大家进行了花青素家族的宏观介绍,那我会以更为客观和微观的方式解释一下花青素家族如何发挥抗氧化作用,我先为大家解释四种主要的抗氧化方式。”

金博士开始十分认真地解释:“首先,花青素直接清除活性氧基团或分子(ROS),ROS是含氧的化学反应性化学物质,作为氧代谢的天然副产物,含量过高会对细胞结构造成损害,因为花青素含有酚羟基和吡喃环,这两种物质作为氢供体,以直接的方式清除各种自由基^[6]。接着,我再为大家介绍一下如何减少ROS的生成(图4),比如:花青素的出现,可以抑制烟酰胺腺嘌呤二核苷酸磷酸(NADPH)氧化酶和黄嘌呤氧化酶(XOD)的活性^[7],又或者,花青素可以通过螯合参与自由基生成的微量元素来减少ROS的生成。第三种,就是增强抗氧化能力,通过花青素家族中含有的E2相关因子2(Nrf2)与抗氧化反应元件(ARE)的结合,我们通过多组实验数据发现,花青素家族确实可以提高内源性抗氧化酶的活性。最后一种,那就是花青素家族默默地为身体做的贡献,减轻ROS产生所导致的生物大分子损伤,例如熟悉的蛋白质降解和DNA的损伤以及脂质过氧化^[8]。”

记者小音举手,发问道:“请问金博士可以为我们讲解一下,花青素会在什么时候发挥这样的氧化作用呢?”

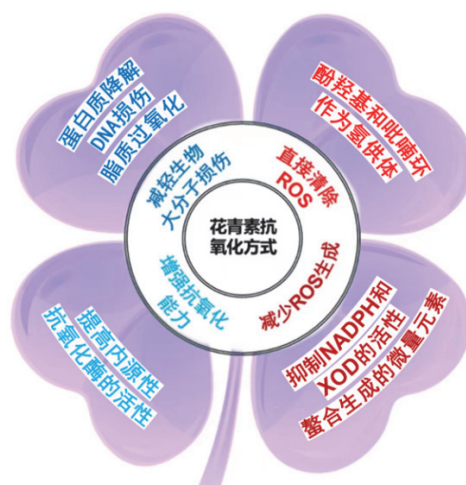


图4 花青素微观的抗氧化方式

金博士欣然一笑，他说：“我给你举个例子吧，花青素家族可以减轻运动中的氧化应激反应。随着运动时间和运动强度的不断增加，ROS过量累积会导致氧化还原系统失衡，内源性抗氧化酶的活性会出现减弱，造成氧化应激障碍，一位赛艇运动员在补充富含花青素的果汁后，硫代巴比妥酸反应物(TBARS)浓度显著低于安慰剂的实验组，说明花青素可以减轻运动对运动员红细胞的氧化损伤^[6]。”

3.2 燃烧卡路里的揭秘

“卡路里，卡路里，燃烧我的卡路里”，当代审美观的演变使得大家更加注重身材，“管住嘴，迈开腿”对于大多数人都是煎熬的，大多数人的减肥只是停留在口号，而并没有付出行动。在减肥减脂这条道路上，花青素家族申请出战，花青素家族此次派出了花青素2号作为代表，台下的观众对花青素家族更加感兴趣，不由得为花青素2号使者的出现报以热烈的掌声……

花青素2号说：“大家常说的减肥，就是想要减掉身体积累的多余的脂肪，导致肥胖或者糖尿病可以归因于胰岛素抵抗和 β 细胞功能障碍，补充身体的瘦素和脂联素的水平能够有效缓解身体的肥胖问题以及炎症的发生^[9]。我们花青素家族会帮助身体抑制脂肪的产生，全力以赴帮助身体拥有一个健康的好身材。”

虽然花青素2号说得十分自信，但是却让很多人都十分困惑。记者小胖说：“作为一个常年肥胖的人来说，减肥对我来说真的是困扰，请问花青素家族是通过哪几种工作机制抑制脂肪的产生呢？”

记者小胖的问题是大家都好奇的事情，花青素2号微笑着说：“第一，作为身体的小卫士，我们会抑制脂肪细胞的炎症反应。第二，我们会抑制前脂肪细胞，不会让他增殖、分化成为成熟的脂肪细胞。再说两种主要的方式，我们会为身体的稳态保驾护航，会去调节脂肪细胞调控酶，影响脂肪细胞及其调控酶的基因表达。在面对身体有变胖的趋势时，我们花青素家族会全力以赴抵抗脂肪。”

花青素2号的话让台下肥胖的人都鼓起了斗志，花青素2号继续说道：“大家别着急，接下来我会为大家详细解释一下花青素家族是如何抵抗脂肪这个‘全人类公敌’的，今天我邀请了我的医学朋友小青，他是我们花青素家族的一员，多年来，他致力于抑制脂肪细胞的炎症反应。”

小青身穿白大褂而来，身轻如燕地走上台，“今天很荣幸为大家讲解我们花青素家族如何对抗脂肪细胞，大家有不懂的地方可以随时咨询我。”台下的观众都很激动地注视着小青，看来当代人不仅都对减肥感兴趣，更是对花青素能否减肥特别期待。

小青十分耐心地说：“脂肪组织巨噬细胞(ATM)在机体瘦的状态下约占脂肪基质部分的5%，在肥胖期间则高达50%，说明身体肥胖与ATM呈正相关，也就是ATM是促炎因子的主要来源，能通过旁分泌作用于胰岛素靶细胞，激活核因子 κ B抑制蛋白激酶(IKK)，造成胰岛素抵抗。这里需要特别告

诉大家的是，巨噬细胞经典的促炎症通路是IKK系统，那么这个时候，我们花青素家族就不会坐以待毙，正所谓，‘该出手时就出手’，我们花青素家族各司其职的单体申请出战，矢车菊色素更是自己调侃道‘我是一块砖，哪里需要哪里搬’，飞燕草色素和锦葵素也不甘心落后，在IKK系统各自的通路中抑制激活的炎症因子^[9]，骁勇作战(图5)。”



图5 花青素通过IKK系统通路抑制炎症反应的分子靶标

台下的观众为小青专业而精准的语言所折服，小青继续侃侃而谈道：“大家如果有肥胖的问题可以随时向我咨询呀。”此时，金博士更是为专业的小青做了一些补充，“花青素家族确实能够通过抑制NF- κ B、IKK、IL-6的活化，从而抑制肥胖的炎症反应，经过我们的研究，花青素家族能够有效抑制巨噬细胞被LPS诱导产生肿瘤坏死因子(TNF- α)的产生量以及花青素家族抑制单核细胞中的NF- κ B的活性，所以，大家可以相信花青素家族抑制脂肪的炎症反应。”

花青素2号缓缓走进大家的视线，他微笑着说：“感谢金博士精湛的发言以及对我们花青素家族的肯定，感谢大家对我们花青素家族的信任，看出来大家对减肥特别感兴趣，那么接下来就是大家自由提问的时间，我们花青素家族和金博士将为大家逐一解答。”

记者小胖早已按捺不住，又提问道：“请问花青素家族的使者们，你们刚才提到了几种工作机制去抑制脂肪的产生，我们都十分认可花青素家族抑制脂肪的炎症反应，那请问可以再为大家介绍一下花青素家族抑制前脂肪细胞增殖分化的作用机制吗？”

此时，花青素2号十分自信地回答道：“我们花青素家族会阻滞细胞周期中的S和G0/G1期，有效诱导细胞凋亡^[10]。除此之外，我们花青素家族还可以降低基础脂解，缓解肥胖引起的代谢疾病。”花青素2号的发言让台下的观众十分信服，更加认可花青素这个产品不是所谓的“网红”产品，是保持美丽的“口服化妆品”。

金博士说：“既然大家对减肥也是充满了兴趣，在这里，我为花青素家族在减肥方面做一点补充，我先来给大家科普一点知识，磷酸腺苷活化蛋白激酶(AMPK)是控制细胞新陈代谢的关键酶，AMP可以上调其活力，同时，它通过感受体内细胞能量状态来维持真核细胞内ATP生成和消耗的动态平衡，调控细胞生长、增殖和分化等生理节律。因此，AMPK可以作为治疗肥胖和代谢的药物靶点。经过大量的体外实验表明，矢车菊素-3-葡萄糖苷可以加速AMPK的活性，加快体内代谢速率，体内脂肪氧化燃烧产生ATP。所以，我们有理由相信花青素家族能够下调AMPK水平抑制跨膜糖蛋白和甘油-3-磷酸酰基转移酶等调控蛋白mRNA水平，从而减少脂肪组织来源和加速多余脂肪组织氧化抑制肥胖问题的发生(图6)。我们研究花青素家族对抑制肥胖的机理一直在路上，花青素家族通过调控脂肪细胞相关调控基因的表达也能够抑制肥胖的产生和发展^[11]。”

4 花青素家族年会总结

小花缓缓走上台前，“感谢大家来出席我们花青素家族的年会，感谢金博士的专业讲解以及我

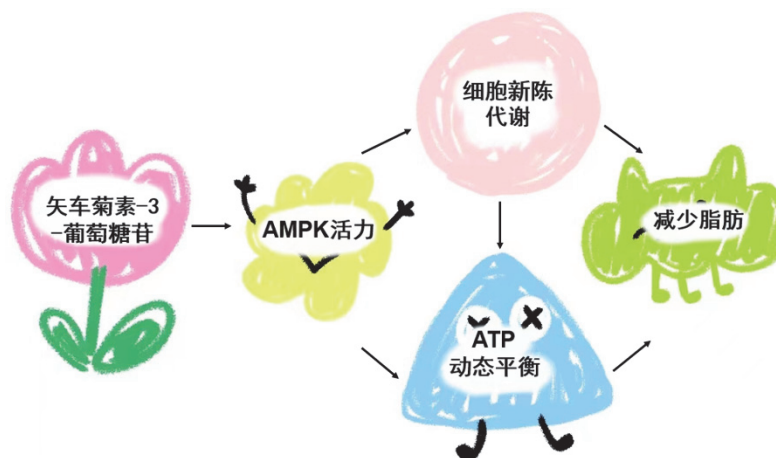


图6 矢车菊素-3-葡萄糖苷抑制肥胖机理

们花青素家族姐妹们的精彩发言，花青素的故事从不止步于抗衰老和燃烧脂肪这两方面，不仅还给大家逆龄美貌容颜，花青素家族还具有抗抑郁、保护视力、延缓运动疲劳、保护神经系统以及抗癌的作用，为身体的健康保驾护航，是一种天然的营养补剂。无论是内在的健康，还是外在的美丽，花青素家族永远在努力的路上！”

台下掌声雷动，花青素家族的年会圆满结束……

参 考 文 献

- [1] 熊斌, 王杨科, 解雷. 陕西理工学院学报(自然科学版), **2014**, 30 (5), 40.
- [2] 白沙沙, 吕品鑫, 顾海华, 乔子纯, 孔凡华, 唐洪涛, 崔亚娟, 李东. 中国食物与营养, **2021**, 27 (3), 45.
- [3] 乔廷廷, 郭玲. 中成药, **2019**, 41 (2), 388.
- [4] 杨红澎, 蒋与刚, 庞伟, 程道梅, 卢豪, 卢士军. 营养学报, **2009**, 31 (6), 583.
- [5] Shahid, A. S.; Faiz, U. A.; Mehtab, K.; Muhammad, N. A.; Shafiq, U. R.; Tae, H. K.; Min, W. K.; Myeong, O. K. *J. Neuroimmunol.* **2016**, 13, 286.
- [6] 张宇娇, 陆俊宇, 陈学伟, 马强. 营养学报, **2022**, 44 (6), 607.
- [7] Elisa, P.; Fulvio, M.; Dan, J.; Creina, S. S. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* **2013**, 12 (5), 483.
- [8] Speer, H.; D'Cunha, N. M.; Alexopoulos, N. I.; McKune, A. J.; Naumovski, N. *Antioxidants* **2020**, 9, 366.
- [9] 曾画艳, 马思思, 王娟秀, 陈小婕, 郎春辉, 何方, 阴文姬. 食品科技, **2014**, 39 (6), 214.
- [10] Liu, J.; Zhang, W.; Jing, H.; David, G. P. *J. Food Sci.* **2010**, 75, H103.
- [11] Lydia, K.; William, C. G.; Cindi, B.; Luke, R. H.; Latha, D. *J. Funct. Foods* **2012**, 4 (2), 480.