

DOI:10.11937/bfyy.201607049

# 樱桃次生成分及生物活性研究进展

付全娟, 魏国芹, 孙 杨, 杨兴华, 孙玉刚

(山东省果树研究所, 山东 泰安 271000)

**摘 要:** 樱桃中含有丰富的次生代谢物质, 包含花青素、肉桂酸、没食子酸、鞣花酸、木犀草苷、牡荆素、芦丁等多种物质, 这些物质具有清除自由基、保护细胞氧化损伤、抗炎作用、减少疼痛、抗肿瘤活性、控制体重、减轻糖尿病并发症等生物活性。现根据近年来的文献报道对樱桃的次生成分及生物学活性进行综述, 以期为开发利用樱桃资源提供参考。

**关键词:** 樱桃; 次生成分; 生物活性; 多酚; 黄酮

**中图分类号:** S 662.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2016)07-0198-04

樱桃(*Prunus*)属蔷薇科李属植物, 在国内常见的樱桃有: 甜樱桃、酸樱桃、中国樱桃和毛樱桃等。樱桃在我国各地广泛种植, 东起山东半岛的尖端, 西至新疆的喀什, 南起云南, 北至辽宁的南部, 在一些地区已发展成较大规模, 山东、辽宁、陕西、河南、甘肃等地成为我国樱桃的主产区。自 20 世纪 80 年代以来, 山东的甜樱桃产业发展迅速, 据统计, 截至 2013 年山东省甜樱桃栽培面积已有 100 万  $\text{hm}^2$ , 产量达 33 万 t, 已成为我国甜樱桃的第一大产区<sup>[1]</sup>。

次生代谢物(也称次生产物、次生物质)是指植物中一大类对于细胞生命活动或植物生长发育正常进行非必需的小分子有机化合物, 这些在植物体内含量不等的化合物均有自己独特的代谢途径, 通常由初生代谢派生而来<sup>[2]</sup>。植物次生代谢物质的种类繁多, 结构迥异, 包括酚类、黄酮类、香豆素、木质素、生物碱、糖苷、萜类、甾类、皂苷、多炔类、有机酸等, 一般归类为酚类化合物、萜类化合物、含氮有机物。

从可食性植物资源中筛选具有抗氧化活性的天然抗氧化剂一直是食品工作者关注的热点<sup>[3-4]</sup>, 从植物中分离和鉴定最多的就是多酚类物质(如茶多酚), 该类物质作为天然产物, 在自然界广泛存在, 具有抗氧化、抗炎等广泛的生物活性。由于黄酮类化合物(如大豆异黄

酮)具有抑制脂质过氧化、杀菌、抗病毒、抗衰老和调节免疫力等功效, 已成为目前倍受关注的天然活性产物之一<sup>[5]</sup>。樱桃可谓全身是宝, 其叶、根、核及鲜果皆可入药, 性味甘温, 有调中、益脾之功, 可治四肢瘫痪、风湿腰疼等症<sup>[6]</sup>。因此, 樱桃果实也具有保健价值和医用价值。

然而, 对樱桃次生活性成分和生物活性的研究才刚刚起步, 因此, 该文概述了樱桃中多酚、类黄酮、萜类等主要的次生成分, 以及相关的生物活性研究进展, 以期为开发利用樱桃资源提供参考。

## 1 营养成分

樱桃营养丰富, 含有碳水化合物、蛋白质、胡萝卜素、多种维生素和矿质元素等传统营养成分。据分析, 樱桃含有的 17 种氨基酸中, 有多种为人体必需氨基酸; 樱桃 Fe 的含量较高; 樱桃中还含有维生素 B<sub>1</sub>、维生素 B<sub>2</sub>、尼克酸、维生素 C、柠檬酸、蛋白质、酒石酸、脂类、粗纤维、硫胺素、核黄素、果糖、葡萄糖等众多营养成分; 同时含有 Ca、P、Na、K、Mg 等多种矿物元素<sup>[6-7]</sup>。

## 2 次生活性物质

根据目前的研究报道, 樱桃中的次生代谢成分以酚类和黄酮类为主, 其中樱桃鲜果中总酚和类黄酮的含量分别达到 314.45 mg/100g GAEs 和 59.92 mg/100g CE, 均比蓝莓中二者的含量高<sup>[8]</sup>。对樱桃活性成分的鉴定和评价将有助于解释樱桃的各种生物活性的物质基础。

### 2.1 多酚类物质

甜樱桃<sup>[9-13]</sup>和酸樱桃<sup>[11,14]</sup>中已被报道的酚类化合物共有 18~22 种, 该类物质作为天然产物, 在自然界广泛存在, 具有抗氧化、抗炎等生物活性。

甜樱桃中的主要酚类抗氧化剂是花青素, 花青素是一类在植物中广泛存在的多酚类次生代谢产物。在植物次生代谢中, 花青素的生物合成也是目前研究最为深

**第一作者简介:** 付全娟(1986-), 女, 山东泰安人, 博士, 助理研究员, 现主要从事樱桃栽培生理与遗传育种等研究工作。E-mail: yantaifqj@163.com.

**责任作者:** 孙玉刚(1964-), 男, 山东诸城人, 硕士, 研究员, 现主要从事果树遗传育种与栽培等研究工作。

**基金项目:** 国家“十二五”科技支撑专项资助项目(2013BAD02B03-3-4); 山东省科技发展计划资助项目(2014GNC110004)。

**收稿日期:** 2015-12-22

人的次生代谢途径。苯丙氨酸是花青素及其它类黄酮生物合成的直接前体,由苯丙氨酸合成花青素的过程见图1。

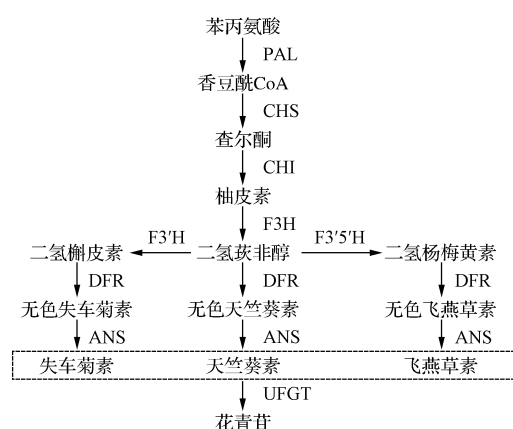


图1 花青素合成代谢途径

樱桃中已知的花青素有矢车菊-3-葡萄糖基芸香糖苷、矢车菊素-3-葡萄糖基、矢车菊素-3-芸香糖苷、矢车菊素-3-葡萄糖基和芍药花色素-3-芸香糖苷。其中,IREM等<sup>[15]</sup>测得矢车菊-3-葡萄糖基芸香糖苷含量最高,约140.3~320.9 mg/L。

同时,甜樱桃也含有大量的酚酸。甜樱桃中的主要酚酸成分是对羟基肉桂酸<sup>[11,16]</sup>。KIM等<sup>[12]</sup>则认为肉桂酸、新绿原酸和香豆酸是甜樱桃中的主要酚酸物质。但是,少量的绿原酸<sup>[12]</sup>、羟基苯酸和阿魏酸<sup>[17-19]</sup>也分别被发现。

酸樱桃也富含多种酚类化合物,如没食子酸、香豆酸、槲花酸、槲非醇及槲皮素等,这些物质均为高效的抗氧化剂<sup>[6]</sup>。

## 2.2 黄酮类物质

WANG等<sup>[20]</sup>发现欧洲产的酸樱桃(*Prunus cerasus*)中含有具有抗氧化活性的黄酮类成分。LI等<sup>[21]</sup>对中国矮樱桃(*Cerasus humilis* (Bge.) Sok.)进行了研究,发现生长在河北尚义县的中国矮樱桃的总酚类、总类黄酮、原花青素和总花青素含量最高可达到1 899、1 861、1 082、39.3 mg/100g FW。

ABRANKÓ等<sup>[22]</sup>对酸樱桃中的染料木黄酮(genistein)进行了研究,表明‘Pipacs1’品种含量最高为4.4 mg/100g FW,可以作为潜在的功能性食品。

李晨等<sup>[5]</sup>采用高效液相色谱-串联质谱联用(HPLC-MS-MS)技术对樱桃叶中黄酮成分进行分离鉴别,从樱桃叶中鉴定出9种酚类成分,分别为:木犀草苷(14.42 mg/g)、牡荆素(24.67 mg/g)、芦丁(54.66 mg/g)、金丝桃苷(56.74 mg/g)、紫云英苷(44.20 mg/g)、绿原酸(28.12 mg/g)、奎宁酸(10.12 mg/g)、槲皮素-3-芸香糖葡萄糖苷(20.15 mg/g)和山奈酚-3-O-芸香糖苷(86.57 mg/g)。

## 2.3 其它物质

秦玲等<sup>[23]</sup>采用顶空固相微萃取(HS-SPME)技术和气相色谱-质谱(GC/MS)联用仪测定甜樱桃成熟期果实的挥发性成分,在“巨红”甜樱桃中检测到27种萜类物质,其中单萜13种,倍半萜14种,分别占19.87%和58.54%。单萜中萜醇类6种,萜烯类8种;倍半萜中醇类1种,萜烯类13种。在萜烯类化合物中, $\beta$ -石竹烯含量最高,占总芳香物质的48.52%。而在“红灯”甜樱桃中只检测到2种单萜类化合物,即 $\alpha$ -萜品醇和芳樟醇,含量较低,占检测芳香物质含量的0.69%。由此可见,萜烯类化合物对甜樱桃果实风味的影响很大,是造成2个甜樱桃品种果实风味差异的主要因素之一。

此外,在樱桃中还分离鉴定出了一种单萜类物质-紫苏醇(POH),有报道认为其具有预防皮肤癌、肺癌、乳腺癌和肝癌等多种药理作用。植物性的褪黑激素(melatonin)在樱桃中少量存在<sup>[17]</sup>。

## 3 生物活性研究

除了有漂亮的外观和可口的味道,樱桃也具有丰富的营养成分和生物活性化合物。根据中国古代医学书籍的记载,樱桃是很好的药材,可以治疗关节病和冻疮等疾病。研究发现,樱桃果实内含有多种有益于人体的天然化学物质。它们不仅是有效的抗氧化剂,还可以促进血液循环,加速尿酸的排泄,缓解因痛风、关节炎所引起的不适,可作为贫血、四肢麻木和风湿性腰腿病患者的食疗果品<sup>[6]</sup>。目前对樱桃中的糖酸含量及其成分的研究已有大量的报道<sup>[24]</sup>。

已有的报告称酚类物质对人类健康有积极的影响,如抗炎和抗癌<sup>[25-27]</sup>,也是人类重要的营养物质<sup>[16]</sup>,酚类物质与这些生物活性呈显著正相关,也就是说酚类物质起主要作用。因此,研究樱桃中的酚类和类黄酮等的生物活性功能已是目前国内外的研究热点之一。

### 3.1 抗氧化能力

樱桃的提取物和果汁具有清除自由基、保护细胞氧化损伤<sup>[28]</sup>等多种抗氧化能力。CAO等<sup>[29]</sup>对樱桃4个种(甜樱桃、酸樱桃、中国樱桃、毛樱桃)的理化特性进行研究,结果显示4种樱桃都具有很强的清除DPPH·自由基和FRAP自由基的能力,同时DPPH·和FRAP与酚类物质含量的相关性较高( $r^2=0.967, P<0.01$ ;  $r^2=0.962, P<0.01, n=24$ ),而抗氧化能力与花青苷含量相关性较低( $r^2=0.189, P>0.05$ ;  $r^2=0.496, P<0.05, n=24$ )。

BALLISTRERI等<sup>[9]</sup>对意大利的甜樱桃品种做了氧自由基吸收能力(ORAC)测定,ORAC可作为食物总抗氧化能力的指标,食物的ORAC值越高,表明X-吸收氧自由基的能力越强,就能更好地帮助人体对抗诸如癌症

与心血管病等疾病,其结果表明甜樱桃的 ORAC 能力较高,也就是具有较高的抗氧化能力。

### 3.2 抗炎作用

近期研究表明食用樱桃果实或提取物具有明显的抗炎抑菌作用<sup>[30]</sup>。JAKOBEK等<sup>[25]</sup>评估了甜樱桃的生理影响,测量10个健康女性食用甜樱桃后的血尿酸盐值、抗氧化能力和炎症标记物的变化情况,结果显示,血液中酸盐值下降、血液中抗坏血酸含量升高、炎症指标血浆c反应蛋白(CRP)和一氧化氮(NO)浓度的下降,该结果表明食用甜樱桃可以抑制炎症通路。KELLEY等<sup>[26]</sup>的研究指出食用樱桃后并不影响人体内等离子体的总浓度,高密度脂蛋白、低密度脂蛋白、VLDL-胆固醇、甘油三酯、小分子高密度脂蛋白、低密度脂蛋白(VLDL)的粒子大小和数量;也并不影响空腹血糖、胰岛素浓度或其它一些化学和血液学的变化。这些研究的结果表明食用甜樱桃对CRP有选择性调节即抗炎作用,这可能有益于预防和治疗一些炎症性疾病。

ZHOU等<sup>[27]</sup>研究了酸樱桃提取物对白细胞介素-6(IL-6)等炎性细胞因子的影响,通过激活c反应蛋白(CRP)和慢性疾病包括心血管疾病之间有积极的相关性,阿托伐他汀钙(立普妥)以及富含黄酮类的酸樱桃都影响IL-6的分泌,表现出较强的抗炎性,并且从酸樱桃中提取的花青素与立普妥之间可能存在协同抗炎作用。

### 3.3 抗肿瘤活性

KANG等<sup>[31]</sup>通过饲喂老鼠樱桃、花色苷或矢车菊素,结果老鼠产生的瘤组织显著少于对照。花色苷或矢车菊素可以减少人的直肠癌细胞的生长,因而研究表明,酸樱桃中的花青素对老鼠有抑制肿瘤的发展和减少人类结肠癌细胞的增殖作用。

紫苏醇(POH)是樱桃中含有的一种单萜类植物营养素,能使机体摆脱致癌化合物,或干扰细胞快速增殖的信号,还有助于使癌细胞逆转为正常细胞或分化细胞,从而减少癌变的可能性<sup>[32]</sup>。BOBE等<sup>[33]</sup>的试验表明酸樱桃提取物能明显的抑制老鼠直肠癌的病变,从而达到减少癌变的可能性。

### 3.4 其它功能

一些研究表明樱桃提取物或果汁具有减少疼痛<sup>[34]</sup>、控制体重、减轻糖尿病并发症<sup>[35]</sup>和抗菌活性<sup>[36]</sup>等作用。KIM等<sup>[12]</sup>提出甜樱桃中的酚类抗氧化剂对神经细胞有保护作用。另外,樱桃还是褪黑激素的一个重要的食物来源,褪黑激素有助于调整人体昼夜生理节律,促进自然睡眠。同时樱桃还有清除超氧自由基的抗氧化功能以及保护血管系统、减轻炎症等功效,能够降低外科手术引起的局部缺血及再灌注伤害<sup>[6]</sup>。

## 4 结语

樱桃是一种早熟、优质的保健水果,种植效益较高,在国内外发展迅速。目前我国在樱桃的次生代谢成分及生物活性功能方面的研究刚刚起步,但是随着国内樱桃次生代谢与生物活性等研究的蓬勃展开,人们将发现樱桃更多有益的保健价值。因此,大力开展樱桃的科学研究,对提高果实品质、扩大生产总量具有重要意义。

### 参考文献

- [1] 孙玉刚,魏国芹,孙杨. 山东省甜樱桃发展建议[J]. 科技致富向导, 2013(10):26-27.
- [2] CHARIS R,FRAGISKOS N K, ANDREAS P. Perillyl alcohol is an angiogenesis inhibitor[J]. Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics, 2004,311:568-575.
- [3] FU Q,ZHANG L,CHENG N. Extraction optimization of oleanolic and ursolic acids from pomegranate (*Punica granatum* L.) flowers [J]. Food and Bioproducts Processing, 2014,92:321-327.
- [4] ZHANG L,FU Q,ZHANG Y, et al. Composition of anthocyanins in pomegranate flowers and their antioxidant activity[J]. Food Chemistry, 2013, 127:1444-1449.
- [5] 李晨,姜子涛,李荣. 高效液相色谱-串联质谱联用技术鉴定樱桃叶中的黄酮成分[J]. 食品科学, 2013,34(16):226-230.
- [6] 闫国华,张开春,周宇,等. 樱桃保健功能研究进展[J]. 食品工业科技, 2008(2):313-316.
- [7] 生兆江,生吉萍. 几种樱桃的营养成分测定[J]. 青岛农业大学学报(自然科学版), 1989,6(4):28-32.
- [8] SOUZA V R,PEREIRA P A P,SILVA T L T, et al. Determination of the bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Brazilian blackberry, red raspberry, strawberry, blueberry and sweet cherry fruits[J]. Food Chemistry, 2014,156:362-368.
- [9] BALLISTRERI G,CONTINELLA A,GENTILE A, et al. Fruit quality and bioactive compounds relevant to human health of sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars grown in Italy[J]. Food Chemistry, 2012,140(4):630-638.
- [10] GONCALVES B,LANDBO A K,KNUDSEN D, et al. Effect of ripeness and postharvest storage on the phenolic profiles of cherries (*Prunus avium* L.) [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2004,52(3):523-530.
- [11] JACOB R A,SPINOZZI G M,SIMON V A, et al. Consumption of cherries lowers plasma urate in healthy women[J]. Journal of Nutrition, 2003,133:1826-1829.
- [12] KIM D O,HEO H J,KIM Y J, et al. Sweet and sour cherry phenolics and their protective effects on neuronal cells [J]. J Agr Food Chem, 2005,53:9921-9927.
- [13] LIU Y,LIU X Y,ZHONG F, et al. Comparative study of phenolic compounds and antioxidant activity in different species of cherries[J]. Journal of Food Science, 2011,76(4):633-638.
- [14] DÍAZ-GARCÍA M C,OBÓN J M,CASTELLAR M R, et al. Quantification by UHPLC of total individual polyphenols in fruit juices[J]. Food Chemistry, 2013,138(2):938-949.
- [15] IREM D,AZIZ E. Antioxidant capacity and anthocyanin profile of sour cherry (*Prunus cerasus* L.) juice [J]. Food Chem, 2012,135:2910-2914.
- [16] USENIK V,FABCIC J,STAMPAR F. Sugars, organic acids, phenolic composition and antioxidant activity of sweet cherry (*Prunus avium* L.) [J]. Food Chemistry, 2008,107:185-192.



- [17] MALGORZATA M P, KRYSTYNA M J. Melatonin in plants[J]. Acta Physiologiae Plantarum, 2009, 31(1): 1-11.
- [18] MOZETIČ B, TREBŠE P, HRIBAR J. Determination and quantitation of anthocyanins and hydroxycinnamic acids in different cultivars of sweet cherries (*Prunus avium* L.) from Nova Gorica Region (Slovenia) [J]. Food Technology and Biotechnology, 2002a, 40(3): 207-212.
- [19] MOZETIČ B, TREBŠE P. Identification of sweet cherry anthocyanins and hydroxycinnamic acids using HPLC coupled with DAD and MS detector [J]. Acta Chimica Slovenica, 2004b, 51: 151-158.
- [20] WANG H, NAIR M G, STRASBURG G M, et al. Antioxidant and anti-inflammatory activities of anthocyanins and aglycon, cyanidin, from tart cherries [J]. J Nat Prod, 1999, 62: 294-296.
- [21] LI W, LI O, ZHANG A, et al. Genotypic diversity of phenolic compounds and antioxidant capacity of Chinese dwarf cherry (*Cerasus humilis* (Bge.) Sok.) in China [J]. Scientia Horticulturae, 2014, 175: 208-213.
- [22] ABRANKÓ L, NAGY Á, SZILVÁSSY B, et al. Genistein isoflavone glycoconjugates in sour cherry (*Prunus cerasus* L.) cultivars [J]. Food Chemistry, 2015, 166: 215-222.
- [23] 秦玲, 蔡爱军, 张志雯, 等. 两种甜樱桃果实挥发性成分的 HS-SPME-GC/MS 分析[J]. 质谱学报, 2010, 31(4): 228-234.
- [24] 魏国芹, 孙玉刚, 孙杨, 等. 甜樱桃果实发育过程中糖酸含量的变化[J]. 果树学报, 2014(31): 103-109.
- [25] JAKOBEK L, SERUGA M, VOCA S, et al. Flavonol and phenolic acid composition of sweet cherries (cv. Lapins) produced on six different vegetative rootstocks [J]. Scientia Horticulturae, 2010, 123: 23-28.
- [26] KELLEY D S, RASOOLY R, JACOB R A, et al. Consumption of Bing sweet cherries lowers circulating concentrations of inflammation markers in healthy men and women [J]. Journal of Nutrition, 2006, 136: 981-986.
- [27] ZHOU Z, NAIR M G, CLAYCOMBE K J. Synergistic inhibition of interleukin-6 production in adipose stem cells by tart cherry anthocyanins and atorvastatin [J]. Phytomedicine, 2012, 19(10): 878-881.
- [28] YOO K M, AL-FARSI M, LEE H, et al. Antiproliferative effects of cherry juice and wine in Chinese hamster lung fibroblast cells and their phenolic constituents and antioxidant activities [J]. Food Chemistry, 2010, 123(3): 734-740.
- [29] CAO J, JIANG Q, LIN J, et al. Physiochemical characterization of four cherry species (*Prunus* spp.) grown in China [J]. Food Chemistry, 2015, 173: 855-863.
- [30] ASLIHAN D, ENIZ K, KADER T, et al. Inhibitory effects of red cabbage and sour cherry pomace anthocyanin extracts on food borne pathogens and their antioxidant properties [J/OL]. LWT-Food Science and Technology, 2015, doi:10.1016/j.lwt.2015.03.101.
- [31] KANG S Y, SEERAM N P, NAIR M G, et al. Tart cherry anthocyanins inhibit tumor development in Apc Min mice and reduce proliferation of human colon cancer cells [J]. Cancer Letters, 2003, 194(1): 13-19.
- [32] HELENI L, MARIA H, VASSOULA S, et al. Consumption of cherries lowers plasma urate in healthy women [J]. Journal of Nutrition, 2003, 133: 1826-1829.
- [33] BOBE G, WANG B, SEERAM N P, et al. Dietary anthocyanin-rich tart cherry extract inhibits intestinal tumorigenesis in APC(Min) mice fed suboptimal levels of sulindac [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2006, 54(25): 9322-9328.
- [34] TALL J M, SEERAM N P, ZHAO C, et al. Tart cherry anthocyanins suppress inflammation-induced pain behavior in rat [J]. Behavioural Brain Research, 2004, 153(1): 181-188.
- [35] ATAIE -JAFARI A, HOSSEINI S, KARIMI F, et al. Effects of sour cherry juice on blood glucose and some cardiovascular risk factors improvements in diabetic women: A pilot study [J]. Nutrition and Food Science, 2010, 38(4): 355-360.
- [36] CELEP E, AYDIN A, KIRMIZIBEKMEZ H, et al. Appraisal of *in vitro* and *in vivo* antioxidant activity potential of cornelian cherry leaves [J]. Food and Chemical Toxicology, 2013, 62: 448-455.

## Research Progress on Secondary Metabolites and Biological Activities in Cherry

FU Quanjian, WEI Guoqin, SUN Yang, YANG Xinghua, SUN Yugang  
(Shandong Institute of Pomology, Tai'an, Shandong 271000)

**Abstract:** Cherry is rich in secondary metabolites, which contains anthocyanins, cinnamic acid, gallic acid, ellagic acid, mignonette glycosides, vitexin, rutin and other substances. These substances have the biological activities such as scavenging free radicals, protecting cell oxidative damage, anti-inflammatory effects, alleviating pain, antitumor activity, weight control, reducing diabetes complications and so on. According to the recent research of secondary metabolites and biological activities in cherry, these papers provided a meaningful reference for further development and utilization of cherry.

**Keywords:** cherry; secondary metabolites; biological activities; polyphenols; flavonoids