

桃酚类物质及其生物活性研究进展

赵晓勇, 殷学仁, 李 鲜*, 孙崇德, 陈昆松

浙江大学果实品质生物学实验室 农业部园艺植物生长发育与品质调控重点开放实验室, 杭州 310058

摘要: 桃 [*Prunus persica* (L.) Batsch] 富含酚类物质, 目前已鉴定 70 余种, 包括: 羟基肉桂酸、黄烷醇、黄酮醇及其糖苷、花青苷、羟基苯甲酸和黄烷酮等。关于桃酚类物质生物活性报道较多的有抗氧化、抗肿瘤、抗衰老、减轻化疗引起的肝损伤、抑菌、消炎、抗糖尿病等。本文对桃酚类物质化学成分, 分布和生物活性研究进展进行了综述。

关键词: 桃; 酚类物质; 生物活性; 研究进展

中图分类号: Q946.91; R284.2

文献标识码: A

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2015.S.041

Phenolic Compounds in Peach [*Prunus persica* (L.) Batsch] and their Bioactivities

ZHAO Xiao-yong, YIN Xue-ren, LI Xian*, SUN Chong-de, CHEN Kun-song

Laboratory of Fruit Quality Biology/State Agriculture Ministry Laboratory of Horticultural Plant Growth, Development, and Quality Control, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China

Abstract: Peach [*Prunus persica* (L.) Batsch] is rich in phenolic compounds. So far, more than 70 phenolic compounds have been identified in peach, including hydroxycinnamic acids, flavanols, flavonols and their glycosides, anthocyanins, hydroxybenzoic acids, and flavanones, etc. The phenolic-rich peach extracts showed various bioactivities such as antioxidant, anti-tumor, anti-aging, attenuating chemotherapy-induced hepatotoxicity, anti-microbial, anti-inflammatory, anti-diabetes effect, etc. In this paper, compositions, distribution and bioactivities of phenolic compounds in peach are reviewed.

Key words: peach; phenolic compounds; bioactivities; review

桃 [*Prunus persica* (L.) Batsch] 系蔷薇科李属果树, 原产我国, 迄今已有 4000 多年的栽培历史。根据《中国农业年鉴(2013)》统计, 2012 年我国桃种植面积为 74.59 万 hm^2 , 产量为 1143.03 万 t, 分别约占世界桃种植面积和产量的 48.9% 和 53.6%, 均居世界第一。我国桃的自然地理分布极其广泛, 北起吉林省, 南至海南省, 其中, 山东、河北和河南为主产区, 这 3 个省份 2012 年桃产量均在 100 万 t 以上。全世界桃品种多达 3000 余个, 中国大约有 1000 多个。丰富的种质资源既可为桃产业可持续发展提供可靠保证, 又可为桃天然产物研究提供重要基础。本文重点围绕桃酚类物质及其生物活性研究进展进行综述。

1 桃酚类物质

目前, 已从桃中分离鉴定出 70 余种酚类物质, 主要包括羟基肉桂酸、黄烷醇、黄酮醇及其糖苷、花青苷、羟基苯甲酸和黄烷酮等几大类。不同桃组织积累酚类物质的种类和含量差异较大, 果实中以绿原酸、新绿原酸以及儿茶素、槲皮素糖苷等物质为主^[1-3]; 花和叶片以山奈酚和槲皮素糖苷等物质为主^[4,5]。

1.1 羟基肉桂酸

桃不同部位鉴定到的羟基肉桂酸类物质如图 1 所示, 该类物质是桃果实主要的酚类物质, 包括绿原酸 (chlorogenic acid) 和新绿原酸 (neochlorogenic acid) 等^[3,6]。绿原酸和新绿原酸互为同分异构体, 分别是咖啡酸在奎宁酸第 3 和第 5 位羟基位点的取代产物。一般而言, 桃果实绿原酸含量高于新绿原酸^[7], 而且与果肉相比, 桃果皮中绿原酸含量更高。例如成熟桃果皮和果肉中绿原酸含量分别为 535.

收稿日期: 2014-08-12 接受日期: 2015-01-23

基金项目: 国家高技术研究发展计划 (863 计划) (2012AA101702-3); 欧盟国际合作项目 (2014DFE30050)

* 通讯作者 Tel: 86-571-88982630; E-mail: xianli@zju.edu.cn

87 ~ 1796.47 mg/kg DW 和 327.4 ~ 906.8 mg/kg DW^[8]。果实绿原酸含量与品种密切相关^[1,9]。‘Brite Pearl’果肉绿原酸含量为 202.5 mg/kg FW, ‘September Snow’果肉绿原酸含量为 23.8 mg/kg FW^[3]。桃果实褐变初级阶段,绿原酸含量与其褐变程度正相关^[2]。此外,利用毛细管气相色谱和高效液相色谱分析方法,研究人员在果实中还检测到 3-对香豆酰奎宁酸(3-*p*-coumaroylquinic acid)和 3-阿魏酰奎宁酸(3-feruloylquinic acid)等物质^[10]。

应用质谱技术对花芽组分进行研究,检测出对香豆酸(*p*-coumaric acid)、阿魏酸(ferulic acid)、3,5-二羟基肉桂酸(3,5-dihydroxycinnamic acid)、羟甲氧基肉桂酸(hydroxymethoxy cinnamic acid)等物质^[11]。Wu 等^[12]对核仁组分的研究发现,其中主要的羟基肉桂酸类物质有氢化肉桂酸(hydrocinnamic acid)、咖啡酸(caffeic acid)和芥子酸(sinapinic acid)等。

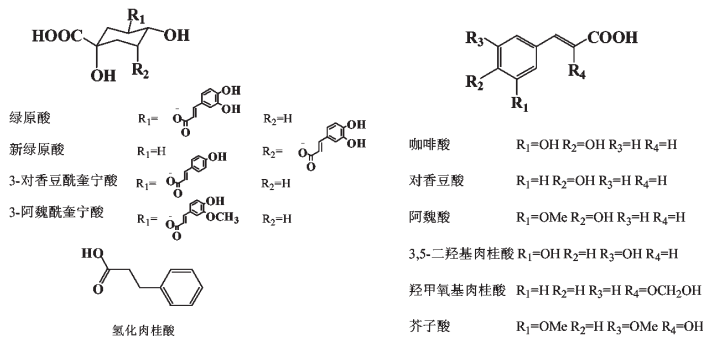


图 1 桃主要羟基肉桂酸类化合物结构

Fig. 1 Chemical structures of hydroxycinnamic acids in peach

1.2 黄烷醇

黄烷醇在植物界广泛分布,具有使植物免受微生物、昆虫及食草动物侵袭等生物学功能^[13]。桃各组织部位主要黄烷醇类物质如图 2 所示,此类物质在桃果实中以儿茶素(catechin)、表儿茶素(epicatechin)及由它们缩合而成的 B 型原花青素二聚体为主,其中,儿茶素是主要成分^[1]。儿茶素含量存在品种特异性,如白肉桃果皮和果肉中儿茶素含量分

别为 104.2 ~ 318.9 mg/kg FW 和 39.9 ~ 196.7 mg/kg FW;黄肉桃果皮和果肉中儿茶素含量分别为 84.2 ~ 187.1 mg/kg FW 和 30.1 ~ 79.1 mg/kg FW^[3]。果实中原花青素类物质从单体到八聚体均有报道。其中,原花青素二聚体有 B1 (procyanidin B1)、B2 (procyanidin B2)、B3 (procyanidin B3)、B4 (procyanidin B4)、B5 (procyanidin B5) 和 B7 (procyanidin B7)^[14]。此外,少量原花青素三聚体(procyanidin

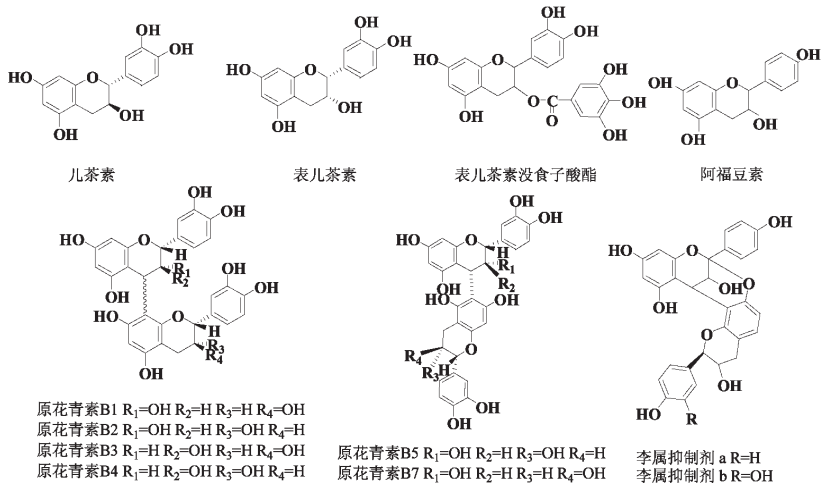


图 2 桃主要黄烷醇类化合物结构

Fig. 2 Chemical structures of flavanols in peach

trimer)、四聚体(procyanidin tetramer)、五聚体(procyanidin pentamer)、六聚体(procyanidin hexamer)、七聚体(procyanidin heptamer)和八聚体(procyanidin octamer)在果实中也有报道^[15,16]。

不同黄烷醇物质在树根和核仁中被鉴定,如树根中有李属抑制剂 a (prunus inhibitor a)、李属抑制剂 b (prunus inhibitor b)、阿福豆素 (afzelechin) 等^[17];核仁中有原花青素 B2 和表儿茶素没食子酸酯(epicatechin gallate)等^[12,14]。

1.3 黄酮醇及其糖苷

黄酮醇在植物界分布广泛,多以糖苷形式存在,其中氧苷形式居多,也有少数以碳苷形式存在^[18]。桃主要黄酮醇及其糖苷如图 3 所示。槲皮素、山奈酚和异鼠李素是组成桃果实黄酮醇糖苷的主要苷元,槲皮素-3-*O*-葡萄糖苷(querctin-3-*O*-glucoside)、槲皮素-3-*O*-半乳糖苷(querctin-3-*O*-galactoside)、槲皮素-3-*O*-芸香糖苷(querctin-3-*O*-rutinoside)、山奈酚-3-*O*-芸香糖苷(kaempferol-3-*O*-rutinoside)、异鼠李素-3-*O*-葡萄糖苷(isorhamnetin-3-*O*-glucoside)及

异鼠李素-3-*O*-芸香糖苷(isorhamnetin-3-*O*-rutinoside)是其主要的黄酮醇糖苷^[3,6]。黄酮醇及其糖苷主要存在于果皮中,果肉中含量较少。2012 年 Scordino 等^[6]研究表明,不同桃品种果皮中黄酮醇及其糖苷总含量为 117.4 ~ 153.2 mg/kg FW。

黄酮醇及其糖苷在桃其它部位也有广泛分布。花中鉴定到的该类物质主要有阿福豆苷(kaempferol-3-*O*-rhamnopyranoside)、多花蔷薇苷 B (multiflorin B)、营养糖苷 A (multinoside A)、三叶豆苷(kaempferol-3-*O*-galactoside)和黄芪苷(kaempferol-3-*O*-glucoside)等^[5,19]。叶中已鉴定的黄酮醇及其糖苷主要有多花蔷薇苷 A (multiflorin A)、三叶豆苷、山奈酚-3-*O*-葡萄糖酰-半乳糖苷(kaempferol-3-[β -D-glucopyranosyl-(1 \rightarrow 4)- α -D-galactopyranoside])等^[20,4]。此外,树皮中鉴定到了香橙素(aromadendrin)^[4],桃树心材和边材中分别鉴定到山奈酚(kaempferol)、槲皮素(querctin)和香橙素-7-*O*-葡萄糖苷(aromadendrin-7-*O*-glucoside)等^[21,22]。

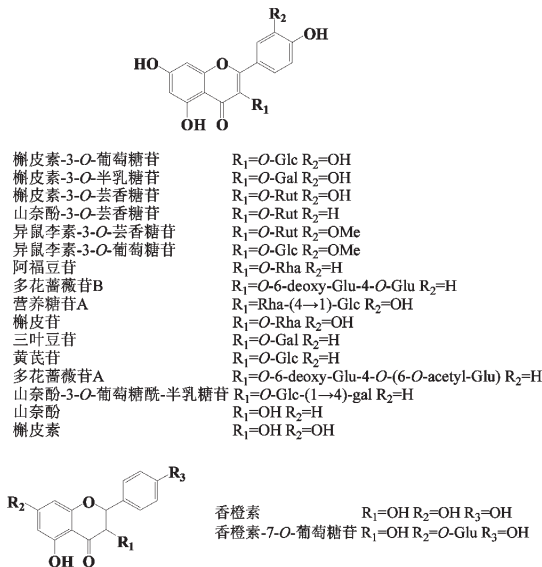


图 3 桃主要黄酮醇及其糖苷类化合物结构

Fig. 3 Chemical structures of flavonols and their glycosides in peach

1.4 花青苷

花青苷是一类广泛存在于植物花、果、茎、叶、种子及其它器官液泡中的水溶性色素,赋予植物不同的色泽^[23]。花青苷由花青素和糖苷结合而成,常见的花青素有天竺葵色素、矢车菊色素、飞燕草色素、芍药色素、牵牛花色素和锦葵色素等。桃各部位鉴定到的花青苷类物质见图 4。桃果实花青苷以矢车

菊素-3-*O*-葡萄糖苷(cyanidin-3-*O*-glucoside)和矢车菊素-3-*O*-芸香糖苷(cyanidin-3-*O*-rutinoside)为主,主要分布在果皮中;同时,核仁附近也有少量花青苷积累^[1,3,24]。此外,报道显示果实中还有少量的锦葵色素苷-3, 5-二葡萄糖苷(malvin-3, 5-diglucoside)^[7]。

花青苷种类在桃不同组织部位存在特异性。花

中检测到的花青苷主要为矢车菊素-3-桑布双糖苷 (cyanidin-3-sambubioside) 和芍药素-3-葡萄糖苷 (peonidin-3-glucoside)^[25]。

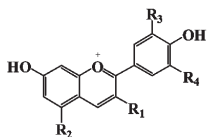


图 4 桃主要花青苷类化合物结构

Fig. 4 Chemical structures of anthocyanidins in peach

1.5 羟基苯甲酸和黄烷酮

羟基苯甲酸物质在桃中的分布存在组织特异性,如没食子酸和水杨酸甲酯 (methyl salicylate) 只在果实中分布^[26-28];龙胆酸 (gentisic acid)、香草酸 (vanillic acid) 等物质只在核仁中分布^[12];而鞣花酸 (ellagic acid) 和原儿茶酸 (protocatechuic acid) 在果实及核仁中均有分布^[12,26,28]。具体结构见图 5。

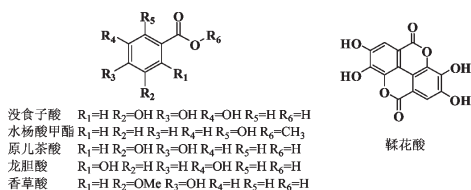


图 5 桃主要羟基苯甲酸类化合物结构

Fig. 5 Chemical structures of hydroxybenzoic acids in peach

黄烷酮在桃果实研究中报道较少,主要从树皮中被分离和鉴定,如柚皮素 (naringenin)、桃皮素 (persicogenin)、桃苷 (persiconin)、樱桃苷 (prunin)、圣草酚 (eriodictyol)、橙皮素-5-O-吡喃葡萄糖苷 (hesperitin-5-O-β-D-glucopyranoside) 和桃皮素-3'-O-吡喃葡萄糖苷 (persicogenin-3'-O-β-D-glucopyranoside) 等物质^[4,29]。具体结构见图 6。

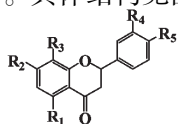


图 6 桃主要黄烷酮类化合物结构

Fig. 6 Chemical structures of flavanones in peach

1.6 桃酚类物质的检测方法

酚类物质检测中应用最为广泛的是高效液相色谱法 (HPLC), 该技术多数使用二极管阵列检测器 (DAD 或 PDA)^[3,6,28] 或紫外检测器 (UV)^[20,5]; 也有研究使用荧光检测器 (FLD)^[15]。酚类物质结构鉴定工作常采用质谱技术, 如电喷雾质谱 (Electrospray-ionization mass spectrometry, ESI/MS)^[3,6]、快原子轰击质谱 (Fast atom bombardment mass spectrometry, FAB-MS)^[4] 等。此外, 对于结构复杂的酚类物质, 通常还可采用核磁共振技术 (NMR)^[4,5]。NMR 可提供化合物构象和基团位置等相关信息, 对天然产物结构推断有重要的辅助作用。实际应用中常常会将多种技术结合使用, 如出现的液质-薄层色谱联用 (HPLC-MS-TLC)^[9]、高效液相色谱-核磁共振联用 (HPLC-NMR)^[15] 等, 这样可以更好地对复杂天然产物进行快速的分离鉴定。

2 桃酚类物质的生物活性

桃的根、叶、树皮、花、果、种仁均可入药,《本草纲目》、《神农本草经》、《名医别录》、《伤寒论》等药学名著都有对其药用价值的记载。现代营养学研究也陆续报道了桃不同组织器官的药理保健功能, 如抗氧化^[30-32]、抗肿瘤^[33-36]、抗衰老^[37,38]、减轻化疗引起的肝损伤^[33,39]、抑菌^[40-42]、消炎^[43]、抗糖尿病^[20,44] 等, 其中诸多活性与桃酚类物质有关。

2.1 抗氧化

目前, 常见的抗氧化活性评价方法包括自由基清除、还原金属离子和抑制脂质过氧化等, 不同方法原理不同。研究中常采用多种抗氧化模型, 以期准确地评价果实提取物抗氧化能力的强弱。与桃果实中 Vc 和类胡萝卜素等抗氧化物质相比, 酚类物质对抗氧化能力的贡献更大, 其含量与抗氧化活性呈显著正相关关系^[45]。进一步研究发现, 绿原酸是主要的抗氧化物质^[8]。Chang 等^[7] 对 8 个粘核桃品种果实醇提物开展抑制低密度脂蛋白氧化的研究表明: 品种间抗氧化活性差异显著, 且果皮活性明显高于果肉, 该活性与果实色泽 (a^*) 呈显著正相关关系。另有研究表明, 品种差异对果实抗氧化能力影响显著, 而年份和种植地区纬度等因素对其抗氧化能力影响较小^[46,47]。

利用 DPPH 自由基清除活性等 7 种抗氧化评估模型分别对桃花醇提物和水提物抗氧化能力进行的

测定结果显示,除蛋白损伤保护模型外,醇提物抗氧化能力均强于水提物^[48],该研究揭示了桃花作为天然抗氧化剂原料在食品和化妆品等产业应用的巨大潜力。

2.2 抗肿瘤

桃果实提取物可以抑制人肝癌细胞 HepG2、结肠癌细胞 SW1116、HT29、Caco-2、NCM460 和乳腺癌细胞 MDA-MB-435 的增殖^[34-36,49]。不同酚类物质抑制乳腺癌细胞 MDA-MB-435 增殖能力不同,富含绿原酸和新绿原酸的组分较显著地抑制乳腺癌细胞的恶性增殖,而且对正常乳腺上皮细胞 MCF-10A 损伤较小^[35]。进一步研究发现,绿原酸类物质可能通过激活 ERK 代谢途径,导致细胞凋亡来起到抑制乳腺癌细胞增殖的作用^[34]。

不同桃组织提取物,表现出了不同的抗肿瘤活性。Kim 等^[50]以人纤维母细胞 NIH/3T3 和 Hartly 豚鼠为模型,发现花的乙醇提取物显著减轻了紫外线对 NIH/3T3 细胞的毒害作用;而且显著抑制紫外线诱导引起的豚鼠皮肤红斑的发生。从该花提取物中鉴定出 4 种黄酮醇物质,发现多花蔷薇苷 B 是主要活性成分,在 0.3 mg/cm² 的浓度下它对红斑的抑制率高达 80%^[5],因此桃花提取物对于预防或辅助治疗皮肤癌具有潜在应用价值。

2.3 抗衰老

利用细胞或动物模型可以研究生物活性物质的抗衰老特性。Boyd 等^[37]以果蝇为模型的研究发现:添加 4% 油桃的饲料可以延长果蝇寿命并提高其繁殖能力,可能是通过降低代谢相关基因和氧化应激反应相关基因的表达,调节果蝇体内葡萄糖代谢,减少氧化胁迫等机制来实现。另一项小鼠体内研究显示,与对照组相比,添加 8% 油桃或普通桃的小鼠饲料均可诱导肝脏线粒体更高水平的 DNA 损伤修复^[51]。利用紫外(UV)辐射诱导皮肤衰老的模型发现,果肉中提取的 2-异丁基 5-甲氧基吡嗪(MMPP)可以抑制人包皮纤维母细胞 HS68 中基质金属蛋白酶(MMP)的表达,诱导 I 型原骨胶原蛋白表达,从而减缓 UV 诱导的皮肤衰老^[38]。此类研究为深入探讨果实延缓衰老和延长寿命提供了前期的研究基础。

2.4 减轻化疗引起的肝损伤

化疗药物通常对癌症患者的正常细胞与器官组织有严重的毒副作用。Lee^[33]等研究发现,桃果肉提取物可以显著减轻由化疗药物顺铂引起的小鼠肝毒性,扭转由顺铂引发的血清谷丙转氨酶和谷草转

氨酶增加的趋势,较好地维持了肝脏重量与功能,同时提高小鼠肝脏还原型谷胱甘肽等的水平,减轻脂质过氧化。在一项接种结肠癌细胞 CT-26 的小鼠模型研究中,桃果实提取物显著抑制了小鼠血清中尿素氮和肌酸酐浓度的升高,减轻顺铂类化合物对肝脏的功能性损伤及其引起的机体氧化胁迫,从而促进了化疗效果^[39]。对这一活性的深入研究将有助于改善化疗效果,减轻癌症治疗的毒副作用。

2.5 抑菌

桃果实富含的绿原酸等酚酸类化合物对采后霉菌的生长有抑制作用^[40,42]。Maria 等^[41]在体外抑菌实验发现,绿原酸处理(750 mg/kg FW,该浓度与果实中绿原酸含量相当)可显著抑制褐腐霉菌黑色素生成,干扰其正常生长,抑制率达 42%。对绿原酸抑菌活性的深入研究发现,绿原酸可以显著增加菌体膜系统的通透性,导致膜保护功能丧失,引发核苷酸等大分子泄漏,进而引起菌体细胞死亡^[52]。

桃叶丙酮提取物对尖孢镰刀菌有显著抑制作用,在一定范围内,浓度越高,抑菌效果越好^[53]。树皮甲醇提取物对革兰氏阴性菌和阳性菌均表现出较好抑制活性,然而相关活性物质有待进一步鉴定^[54]。此类工作对于寻找高效、安全的天然植物源抑菌物质具有重要意义。

2.6 其它

过敏性炎症可引发哮喘和鼻窦炎等多种疾病。利用人肥大细胞 HMC-1 模型,研究发现桃果实乙醇提取物能显著抑制化合物 PMACI 诱导的细胞内钙离子浓度的升高、组胺的释放及依赖转录因子 NF- κ B 促炎性细胞因子的表达分泌,减轻全身性过敏和免疫球蛋白 E 介导的局部过敏反应,从而起到消炎作用^[43]。此类研究为炎症发病机理和调控机制等工作奠定了基础。

糖尿病严重影响人类健康,近年来,植物源天然的抗糖尿病产物筛选备受瞩目。利用 Slc_{5a2}:ddY 小鼠模型,研究人员发现桃叶片提取物能够抑制小鼠小肠葡萄糖吸收,从而抑制小鼠餐后血糖的升高,该处理不影响小鼠胰岛素水平,可能与抑制钠依赖型转运蛋白有关,而多花蔷薇苷 A 可能是主要活性物质^[20]。多花蔷薇苷 A 是乙酰化的山奈酚糖苷,对其进行脱乙酰化处理得到的多花蔷薇苷 B 并没有抑制小鼠小肠葡萄糖吸收的活性,由此可见,多花蔷薇苷 A 抑制葡萄糖吸收活性依赖于其糖基的乙酰化^[44]。因此,桃叶片提取物,特别是多花蔷薇苷 A 对于预防或辅助治疗 II 型糖尿病有重要作用。

3 结语

随着果品保健功能不断被发现和诠释,植物天然产物的分离、鉴定及生物活性研究方兴未艾。作为世界性水果,桃的生物活性相关研究远不如苹果、葡萄等深入。目前,桃中关于酚类物质的研究多局限于含量较高的物质成分,对于一些含量较少的酚类物质由于缺乏商业化标准品而难以确定及定量;酚类物质种类和含量存在组织特异性,然而相关研究多以果实为主要对象,对于其它组织器官的定量比较工作涉及不多。同样,桃酚类提取物具有多样的生物活性,然而,现有研究多停留在单纯的表型报道,对主要活性成分及作用机理研究较少;生物活性物质在动物体内代谢形式多样,作用机制复杂,有关酚类物质在体内的生物有效性及不同代谢产物间的协同或拮抗作用仍不清晰。

为此提出以下几点展望:(1)改进纯化分离手段,通过高分辨质谱和核磁共振等多种技术对含量较少的酚类物质进行鉴定与结构解析;(2)重视桃其它组织器官中活性物质的综合开发和利用;(3)寻找有效的体外和体内生物活性研究模型,确定主要活性成分;(4)系统评估酚类物质的生物有效性及相互间的作用机制。相信,对桃酚类物质的深入研究将有利于阐明其药理保健功能、促进科学消费及桃产业的可持续发展。

参考文献

- 1 Andreotti C, et al. Phenolic compounds in peach (*Prunus persica*) cultivars at harvest and during fruit maturation. *Ann Appl Biol*, 2008, 153: 11-23.
- 2 Cheng GW, et al. Browning potential, phenolic composition, and polyphenoloxidase activity of buffer extracts of peach and nectarine skin tissue. *J Am Soc Hortic Sci*, 1995, 120: 835-838.
- 3 Tomas-Barberan FA, et al. HPLC-DAD-ESI-MS analysis of phenolic compounds in nectarines, peaches, and plums. *J Agric Food Chem*, 2001, 49: 4748-4760.
- 4 Backheet EY, et al. Flavonoids and cyanogenic glycosides from the leaves and stem bark of *Prunus persica* (L.) Batsch (Meet Ghamr) peach local cultivar in Assiut region. *Bull Pharm Sci*, 2003, 26: 55-66.
- 5 Kim YH, et al. The extract of the flowers of *Prunus persica*, a new cosmetic ingredient, protects against solar ultraviolet-induced skin damage *in vivo*. *J Cosmet Sci*, 2002, 53: 27-34.
- 6 Scordino M, et al. Phenolic characterization of Sicilian yellow flesh peach (*Prunus persica* L.) cultivars at different ripening stages. *J Food Quality*, 2012, 35: 255-262.
- 7 Chang S, et al. Low-density lipoprotein antioxidant activity of phenolic compounds and polyphenol oxidase activity in selected clingstone peach cultivars. *J Agric Food Chem*, 2000, 48: 147-151.
- 8 Rossato SB, et al. Antioxidant potential of peels and fleshs of peaches from different cultivars. *J Med Food*, 2009, 12: 1119-1126.
- 9 Lee CY, et al. Enzymatic browning in relation to phenolic compounds and polyphenoloxidase activity among various peach cultivars. *J Agric Food Chem*, 1990, 38: 99-101.
- 10 Moller B, et al. Quinic acid esters of hydroxycinnamic acids in stone and pome fruit. *Phytochemistry*, 1983, 22: 477-481.
- 11 Altree-Williams S, et al. Acidic growth inhibitors from peach buds. *Aust J Plant Physiol*, 1975, 2: 105-109.
- 12 Wu H, et al. Essential oil extracted from peach (*Prunus persica*) kernel and its physicochemical and antioxidant properties. *LWT-Food Sci Technol*, 2011, 44: 2032-2039.
- 13 Aron PM, et al. Flavan-3-ols: nature, occurrence and biological activity. *Mol Nutr Food Res*, 2008, 52: 79-104.
- 14 Pascual-Teresa SD, et al. Quantitative analysis of flavan-3-ols in Spanish foodstuffs and beverages. *J Agric Food Chem*, 2000, 48: 5331-5337.
- 15 Asami DK, et al. Processing-induced changes in total phenolics and procyanidins in clingstone peaches. *J Sci Food Agric*, 2003, 83: 56-63.
- 16 Hong YJ, et al. Liquid chromatography/mass spectrometry investigation of the impact of thermal processing and storage on peach procyanidins. *J Agric Food Chem*, 2004, 52: 2366-2371.
- 17 Ohigashi H, et al. Flavanols, as plant growth inhibitors from rots of peach, *Prunus persica* Batsch. Cv. 'Hakuto'. *Agric Biol Chem*, 1982, 46: 2555-2561.
- 18 Zhang Q, et al. Flavones and flavonols: phytochemistry and biochemistry [M]//Natural Products. Springer Berlin Heidelberg, 2013, 59: 1821-1847.
- 19 Takagi S, et al. Studies on the purgative drugs. III. On the constituents of the flowers of *Prunus persica* Batsch. *Chem Abst*, 1977, 97: 109-111.
- 20 Shirotsaki M, et al. Peach leaf contains multiflorin A as a potent inhibitor of glucose absorption in the small intestine in mice. *Biol Pharm Bull*, 2012, 35: 1264-1268.
- 21 Chandra S, et al. Phytochemical investigations on *Prunus persica* heart wood. *Indian J Pharm Sci*, 1988, 50: 321-322.
- 22 Pacheco H, et al. The structure of a glucoside of taxifolin extracted from the sapwood of *Prunus Mahaleb* and *Prunus Persica vulgaris*. *Chem Abst*, 1962, 253: 1178-1179.
- 23 Tanaka Y, et al. Biosynthesis of plant pigments: anthocyanins, betalains and carotenoids. *Plant J*, 2008, 54: 733-749.

- 24 Zhao XL (赵秀林), *et al.* Research progress of anthocyanin in peach fruit. *J Anhui Agr Sci* (安徽农业科学), 2012, 40: 5735-5736.
- 25 Abe Y. Anthocyanin pigments of the petals of peach tree. *Chem Abst*, 1978, 27: 17-22.
- 26 Infante R, *et al.* Postharvest sensory and phenolic characterization of 'elegant lady' and 'carson' peaches. *Chil J Agric Res*, 2011, 71: 445-451.
- 27 Kemp TR, *et al.* Aromatic hydrocarbons: examination of peach fruit and foliage volatiles. *Phytochemistry*, 1971, 10: 478-479.
- 28 Luz Bengoechea M, *et al.* Phenolic composition of industrially manufactured purees and concentrates from peach and apple fruits. *J Agric Food Chem*, 1997, 45: 4071-4075.
- 29 Rahman W, *et al.* Flavonoids from *Prunus persica* Batsch (Peach bark). *Aust J Chem*, 1968, 21: 539-41.
- 30 Dalla Valle AZ, *et al.* The antioxidant profile of three different peaches cultivars (*Prunus persica*) and their short-term effect on antioxidant status in human. *Eur Food Res Technol*, 2007, 225: 167-172.
- 31 Reig G, *et al.* Antioxidant capacity, quality, and anthocyanin and nutrient contents of several peach cultivars [*Prunus persica* (L.) Batsch] grown in Spain. *J Agric Food Chem*, 2013, 61: 6344-6357.
- 32 Tavarini S, *et al.* Preliminary characterization of peach cultivars for their antioxidant capacity. *Int J Food Sci Tech*, 2008, 43: 810-815.
- 33 Lee CK, *et al.* The extract of *Prunus persica* flesh (PPFE) attenuates chemotherapy-induced hepatotoxicity in mice. *Phytother Res*, 2008, 22: 223-227.
- 34 Noratto G, *et al.* Molecular mechanisms involved in the inhibition of MDA-MB-435 breast cancer cells by phenolic acids from the red flesh peach BY00P6653. *Acta Hort*, 2009, 841: 67-72.
- 35 Noratto G, *et al.* Identifying peach and plum polyphenols with chemopreventive potential against estrogen-independent breast cancer cells. *J Agric Food Chem*, 2009, 57: 5219-5226.
- 36 Sun J, *et al.* Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits. *J Agric Food Chem*, 2002, 50: 7449-7454.
- 37 Boyd O, *et al.* Nectarine promotes longevity in *Drosophila melanogaster*. *Free Radical Bio Med*, 2011, 50: 1669-1678.
- 38 Han S, *et al.* Anti-photoaging effects of 2-methoxy-5-(2-methyl propyl) pyrazine isolated from peach [*Prunus persica* (L.) Batsch]. *Food Sci Biotechnol*, 2010, 19: 1667-1671.
- 39 Lee CK, *et al.* Extract of *Prunus persica* flesh (PPFE) improves chemotherapeutic efficacy and protects against nephrotoxicity in cisplatin-treated mice. *Phytother Res*, 2009, 23: 999-1005.
- 40 Bostock RM, *et al.* Suppression of *Monilinia fructicola* cutinase production by peach fruit surface phenolic acids. *Physiol Mol Plant P*, 1999, 54: 37-50.
- 41 Maria V, *et al.* High chlorogenic and neochlorogenic acid levels in immature peaches reduce *Monilinia laxa* infection by interfering with fungal melanin biosynthesis. *J Agric Food Chem*, 2011, 59: 3205-3213.
- 42 Wang GY, *et al.* Molecular cloning, characterization, and expression of a redox-responsive cutinase from *Monilinia fructicola* (Wint.) honey. *Fungal Genet Biol*, 2002, 35: 261-276.
- 43 Shin TY, *et al.* Anti-allergic inflammatory activity of the fruit of *Prunus persica*: role of calcium and NF- κ B. *Food Chem Toxicol*, 2010, 48: 2797-2802.
- 44 Shirotsaki M, *et al.* Suppressive effect of peach leaf extract on glucose absorption from the small intestine of mice. *Biosci Biotech Bioch*, 2012, 76: 89-94.
- 45 Gil MI, *et al.* Antioxidant capacities, phenolic compounds, carotenoids, and vitamin C contents of nectarine, peach, and plum cultivars from California. *J Agric Food Chem*, 2002, 50: 4976-4982.
- 46 Cantfn CM, *et al.* Evaluation of the antioxidant capacity, phenolic compounds, and vitamin C content of different peach and nectarine [*Prunus persica* (L.) Batsch] breeding progenies. *J Agric Food Chem*, 2009, 57: 4586-4592.
- 47 Montevecchi G, *et al.* Physical and chemical characterization of 'Pescabivona', a Sicilian white flesh peach cultivar *Prunus persica* (L.) Batsch. *Food Re Int*, 2012, 45: 123-131.
- 48 Li C, *et al.* Antioxidant activity of peach blossom extracts. *J Korean Soc Appl Bi*, 2011, 54: 46-53.
- 49 Lea MA, *et al.* Inhibition of growth and induction of differentiation of colon cancer cells by peach and plum phenolic compounds. *Anticancer Res*, 2008, 28: 2067-2076.
- 50 Kim YH, *et al.* Protection of the flowers of *Prunus persica* extract from ultraviolet B-induced damage of normal human keratinocytes. *Arch Pharm Res*, 2000, 23: 396-400.
- 51 Croteau DL, *et al.* DNA repair and the accumulation of oxidatively damaged DNA are affected by fruit intake in mice. *J Gerontol A-Biol*, 2010, 65: 1300-1311.
- 52 Lou ZX, *et al.* Antibacterial activity and mechanism of action of chlorogenic acid. *J Food Sci*, 2011, 76: M398-M403.
- 53 Liu Q (刘强), *et al.* Experiment in antibacterial *Fusarium oxysporum* activity of peach leaf extract. *J Shanxi Agric Sci* (山西农业科学), 2014, 42: 62-65.
- 54 Raturi R, *et al.* Antibacterial and antioxidant activity of methanolic extract of bark of *Prunus persica*. *J Appl Nat Sci*, 2011, 3: 312-314.