

不同基因型和发育阶段对费约果叶片生物活性物质含量及抗氧化能力的影响

罗娅*, 曹会娟, 邱静, 李雁翎, 田钰, 冉谢然夫, 凌亚杰

四川农业大学园艺学院, 四川雅安625014

摘要: 以‘胜利’、‘唯一’、‘毛象’和‘库立激’4个费约果品种叶片为试材, 探讨基因型和发育阶段对费约果叶片总酚、总黄酮、原花青素、鞣花单宁含量和抗氧化能力的影响, 以期深入了解费约果叶片的生物活性物质组成, 为其深度开发提供理论依据。结果表明: 费约果叶片富含酚类物质[8.27~18.81 g·(100 g)⁻¹ (FW)], 特别是原花青素[0.43~3.32 g·(100 g)⁻¹ (FW)]和鞣花单宁[0.55~0.79 g·(100 g)⁻¹ (FW)]。基因型显著影响叶片的总酚和原花青素含量, 而发育阶段则显著影响叶片的总酚、总黄酮、原花青素、鞣花单宁含量和抗氧化能力, 尤以幼叶阶段(20%叶片)各生物活性物质含量和抗氧化能力最高。结果表明, 费约果树修剪时产生的叶片可搜集用于天然抗氧化剂或保健品的开发。

关键词: 费约果叶片; 基因型; 成熟阶段; 生物活性物质; 抗氧化能力

Influences of Different Genotypes and Ripening Stages on the Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Feijoa Leaf

LUO Ya*, CAO Hui-Juan, QIU Jing, LI Yan-Ling, TIAN Yu, RANXIE Ran-Fu, LING Ya-Jie

College of Horticulture, Sichuan Agricultural University, Ya'an, Sichuan 625014, China

Abstract: With the aim of better understanding the composition of bioactive compounds and providing the theoretical background for application and utilization of feijoa leaf further, the effect of genotypes ('Triumph', 'Unique', 'Mammoth' and 'Coolidge') and ripening stages on total phenolics, total flavonoids, proanthocyanidins and ellagitannins contents, and antioxidant activity of feijoa leaf were investigated. The results showed that feijoa leaf contained abundant phenolic substance [8.27–18.81 g·(100 g)⁻¹ (FW)], especially in proanthocyanidins [0.43–3.32 g·(100 g)⁻¹ (FW)] and ellagitannins [0.55–0.79 g·(100 g)⁻¹ (FW)]. Total phenols and proanthocyanidins contents were influenced markedly by genotypes, total phenols, total flavonoids, proanthocyanidins, ellagitannins contents and antioxidant activity were influenced significantly by ripening stages. The leaf which is 20% size of matured leaf had the highest bioactive compounds and antioxidant activity. These results suggested that feijoa leaf extracts had potential value of development and utilization in natural antioxidant and health industries.

Key words: feijoa leaf; genotype; ripening stage; bioactive compound; antioxidant activity

费约果(*Feijoa sellowiana*)是桃金娘科多年生亚热带常绿灌木果树, 原产南美东北部和东部地区, 目前在整个地中海地区均有种植(Ruberto和Tringali 2004)。费约果果实富含维生素C、矿物质、膳食纤维、芳香类以及多酚类物质, 同时也含有一般植物少有的水溶性碘化合物和原花青素(Binder和Flath 1989; Lintas和Cappelloni 1992; Ruberto和Tringali 2004), 其果实提取物在抗菌和抗氧化上具有潜在应用价值(Basile等1997; Vuotto等2000)。近期, Beyhan等(2010)研究表明, 费约果叶片提取物抗氧化能力高于果实, 其原因可能是多酚类物质含量的差异所致。

20世纪以来, 我国一些科研单位相继从国外引进大量优质的费约果资源, 并对其进行引种、繁育和生物学特性观察等方面的研究(王丹等2007; 向盛萍等2009; 张猛等2009a, b, c), 然而关于费约果生物活性物质的研究却极其有限(El-Shenawy等2008; Beyhan等2010; 陈明等2012)。本课题组前期研究结果表明费约果果实富含生物活性物

收稿 2014-12-22 修定 2015-01-26

资助 四川农业大学“双支计划”项目(06370501)、四川农业大学优硕博培育基金(04310754)和四川农业大学大学生创新性实验计划(04060527)。

* 通讯作者(E-mail: luoya945@163.com; Tel: 0835-2882293)。

质, 而叶片提取物生物活性物质含量和抗氧化能力均高于果实(数据未发表)。基因型和发育阶段是影响植物生物活性物质含量和抗氧化能力的两个重要因素, 因此本研究拟在前期研究基础上, 进一步深入探讨基因型和发育阶段对费约果叶片主要生物活性物质(总酚、总黄酮、原花青素和鞣花单宁)含量和抗氧化能力的影响, 以期对费约果叶片的开发利用奠定理论基础。

材料与方法

1 实验材料

费约果(*Feijoa sellowiana* Berg)叶片采自四川农业大学雅安校区实验基地。品种为‘胜利’(‘Triumph’)、‘唯一’(‘Unique’)、‘毛象’(‘Mammoth’)和‘库立激’(‘Coolidge’)。首次采摘时间为2013年4月5日, 在树体东南西北各方向选取3~5个生长健壮的一年生枝条分别进行挂牌和取样, 嫩叶取自枝条顶部, 叶片大小为成熟叶叶面积的20%, 之后每隔一定时间从枝条中下部采摘成熟叶叶面积40%、90%和100%大小的各阶段叶片作为试验材料。每个阶段采摘叶片量约250 g, 重复3份。采后立即运回实验室, 用液氮处理后放于-20 °C冰箱中备用。

2 试验方法

2.1 费约果叶片生物活性物质的提取

取5.0 g样品置于室温75 mL 80%丙酮(V/V)溶液中抽提1 h后, 4 500×g冷冻离心10 min, 收集上清液用于总酚、总黄酮、铁离子还原能力(ferric reducing antioxidant power, FRAP)和ABTS⁺自由基[2,2'-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid), 2,2'-连氮-(3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸)]清除能力的测定。

2.2 总酚的测定

参照Molan等(2009)的方法进行测定。在96孔酶标板中分别加入12.5 μL上清液, 250 μL 2% Na₂CO₃, 室温反应5 min后, 加入12.5 μL 50%福林酚, 室温反应30 min。用ELX 808酶标仪测定650 nm处吸光度, 计算总酚含量, 以g·(100 g)⁻¹ (FW)的没食子酸为单位。

2.3 总黄酮的测定

参照Chang等(2001)的方法进行测定。在96孔

酶标板中分别加入30 μL上清液, 90 μL 95%乙醇, 6 μL 10% AlCl₃, 6 μL 1 mol·L⁻¹醋酸钾和68 μL去离子水后, 室温反应40 min。用ELX 808酶标仪测定415 nm处的吸光度, 计算总黄酮含量, 以g·(100 g)⁻¹ (FW)的槲皮素为单位。

2.4 原花青素的测定

参照Buendia等(2010)的方法进行费约果叶片原花青素的HPLC测定。称取0.6 g费约果叶片置于9 mL 80%丙酮(V/V)中于室温下提取1 h后, 4 500×g冷冻离心10 min, 收集上清液, 于40 °C旋转蒸发去除丙酮后, 加入6 mL水和10 mL氯仿, 震荡后, 弃去下层氯仿, 重复3次, 再加入10 mL正己烷, 收集下层液体于试管中, 量取4 mL收集液, 在45 °C减压蒸干, 加入4 mL甲醇, 经0.20 μm的微孔滤膜过滤后, 作为测试样品溶液。

色谱条件: 色谱柱为Phenomenex Luna C₁₈柱, 150 mm×4.6 mm, 5 μm。DAD检测器, 检测波长280 nm, 流速1.0 mL·min⁻¹, 柱温37 °C。流动相, A, 乙腈:乙酸(98:2, V/V); B, 甲醇:水:乙酸(95:3:2, V/V/V)。进样量20 μL, 35 min后梯度洗脱程序变为0% B到40% B, 等梯度洗脱在35~45 min之间。原花青素的测定以原花青素B₂为标品, 其色谱图见图1。

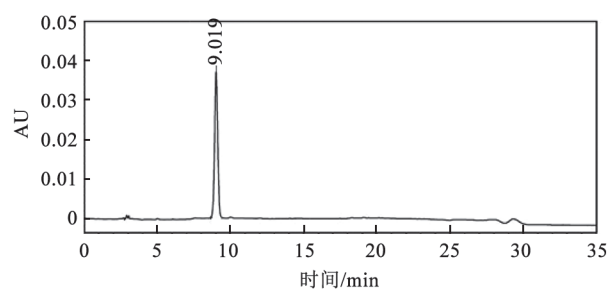


图1 原花青素B₂标准品的HPLC色谱图
Fig.1 HPLC chromatogram of proanthocyanidins B₂

2.5 鞣花单宁的测定

参照Koponen等(2007)的方法进行费约果叶片鞣花单宁的HPLC测定。称取费约果叶片0.1 g置于3 mL 80%丙酮(V/V)中于室温下提取1 h后, 4 500×g冷冻离心10 min, 收集上清液, 于40 °C旋转蒸发去除丙酮后, 加入5 mL甲醇和5 mL 8 mol·L⁻¹的盐酸, 于95 °C回流5 h, 将溶液定容至10 mL, 经0.20 μm的微孔滤膜过滤后, 作为测试样品溶液。

色谱条件: 色谱柱为Phenomenex Luna C₁₈柱, 150 mm×4.6 mm, 5 μm。DAD检测器, 检测波长360 nm, 流速1.0 mL·min⁻¹, 柱温30 °C。流动相, A, 1%甲酸; B相, 乙腈:甲醇(85:15, V/V)。进样量10 μL, 梯度洗脱程序: 0~20 min (5% B~30% B); 20~30 min (30% B~90% B), 之后等梯度洗脱5 min。以鞣花酸为标品, 其色谱图见图2。

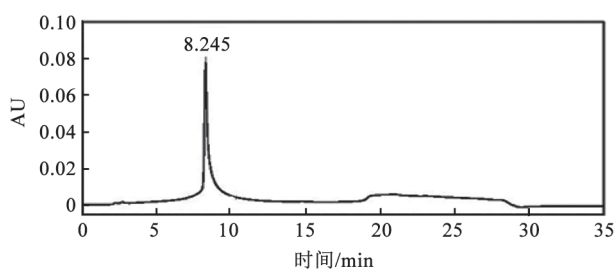


图2 鞣花酸标准品的HPLC图谱

Fig.2 HPLC chromatogram of ellagic acid

2.6 FRAP的测定

参照Benzie和Strain (1996)的方法, 略作修改。在96孔酶标板中分别加入8.5 μL上清液, 275 μL 2,4,6-三吡啶基三嗪[2,4,6-tris(2-pyridyl)-s-triazine, TPTZ]工作液(由0.3 mol·L⁻¹醋酸缓冲液25 mL, 10 mmol·L⁻¹ TPTZ溶液2.5 mL, 20 mmol·L⁻¹ FeCl₃溶液2.5 mL组成), 然后放于37 °C的温箱中黑暗反应30 min。用ELX 808酶标仪测定595 nm处的吸光度, 计算FRAP值, 以g·(100 g)⁻¹ (FW)的FeSO₄·7H₂O为单位。

2.7 ABTS⁺自由基清除能力的测定

参考Re等(1999)的方法, 略作修改。在96孔酶标板中分别加入6 μL上清液, 320 μL ABTS⁺工作液, 震荡30 s, 静置12 min, 用ELX 808酶标仪测定734 nm处的吸光度 $A_{\text{样品}}$, 并依据下列公式计算ABTS⁺清除率。

$$\text{ABTS}^{+\cdot}\text{清除率}(\%) = [1 - (A_{\text{样品}} - A_0) / A_1] \times 100$$

式中, A_0 为样品本身的吸光度, 以蒸馏水代替显色剂; A_1 为ABTS溶液的吸光度值。

3 数据处理与分析

试验数据使用Minitab 15.0软件进行ANOVA统计分析。数据结果以平均数±标准差表示, 并进行邓肯氏新复极差多重比较分析($P \leq 0.05$), 试验重复3次。

实验结果

1 4个费约果品种叶片不同发育阶段总酚含量变化

基因型和发育阶段均显著影响费约果叶片总酚含量(图3)。在4个费约果品种的幼叶阶段(20%), ‘胜利’的总酚含量最高[18.81 g·(100 g)⁻¹ (FW)], 其次是‘毛象’ [17.72 g·(100 g)⁻¹ (FW)]、‘库立激’ [16.76 g·(100 g)⁻¹ (FW)]和‘唯一’ [16.58 g·(100 g)⁻¹ (FW)]; 在40%发育阶段, ‘毛象’总酚含量最少; 在90%发育阶段, ‘唯一’总酚含量最少; 在叶片成熟阶段(100%), ‘胜利’、‘毛象’和‘库立激’叶片总酚含量高于‘唯一’。在叶片发育过程中, 各品种均表现出在幼叶阶段(20%)总酚含量最高的特点, 而在后续的3个发育阶段中, 总酚含量显著低于幼叶阶段, 其值在8.55~10.14 g·(100 g)⁻¹ (FW)之间。

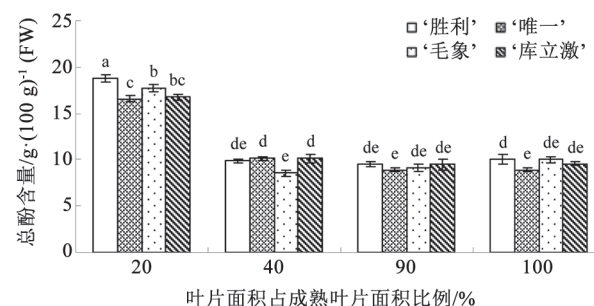


图3 不同基因型和发育阶段对费约果叶片总酚含量的影响
Fig.3 Influences of different genotypes and ripening stages on the total phenolics content of feijoa leaf
各柱形上不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。下图同此。

2 4个费约果品种叶片不同发育阶段总黄酮含量变化

发育阶段显著影响4个费约果品种叶片总黄酮的含量, 而基因型的影响却表现不明显(图4)。随着叶片的发育, 4个品种叶片总黄酮含量呈逐渐下降的趋势, 以幼叶阶段(20%)总黄酮含量最高, 其值在0.92~0.96 g·(100 g)⁻¹ (FW)之间; 在40%叶片发育阶段, 其含量在0.72~0.78 g·(100 g)⁻¹ (FW)之间; 在90%~100%叶片发育阶段, 各品种间叶片总黄酮含量无明显差异, 其含量在0.52~0.54 g·(100 g)⁻¹ (FW)之间。

3 4个费约果品种叶片不同发育阶段原花青素含量变化

基因型和发育阶段显著影响4个费约果品种

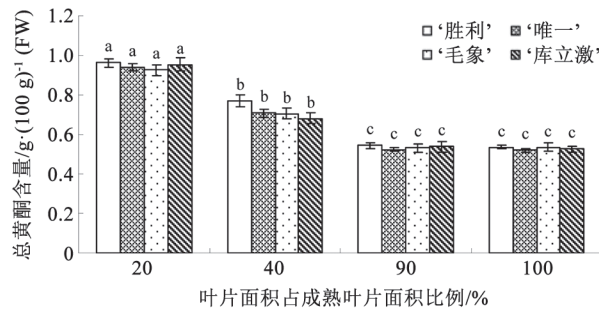


图4 不同基因型和发育阶段对费约果叶片总黄酮含量的影响
Fig.4 Influences of different genotypes and ripening stages on the total flavonoids content of feijoa leaf

叶片原花青素含量(图5)。随着叶片的发育,其原花青素含量逐渐降低,成熟阶段(100%)叶片原花青素含量最低,该阶段叶片原花青素含量约是幼叶阶段(20%)的13%~24%。在4个品种中,以‘胜利’含有较高含量的原花青素,特别是在20%、40%和90%叶片发育阶段,其含量明显高于其他3个费约果品种,而在成熟阶段(100%),‘胜利’原花青素含量[0.68 g·(100 g)⁻¹ (FW)]与‘唯一’ [0.78 g·(100 g)⁻¹ (FW)]和‘毛象’ [0.80 g·(100 g)⁻¹ (FW)]无显著性差异,但高于‘库立激’ [0.43 g·(100 g)⁻¹ (FW)]。

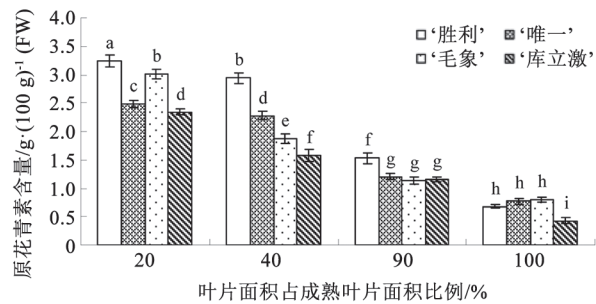


图5 不同基因型和发育阶段对费约果叶片原花青素含量的影响
Fig.5 Influences of different genotypes and ripening stages on the proanthocyanidins content of feijoa leaf

4 4个费约果品种叶片不同发育阶段鞣花单宁含量变化

发育阶段显著影响费约果叶片鞣花单宁的含量,基因型的影响表现不明显(图6)。随着叶片的发育,鞣花单宁的含量呈现先降后升再降的波动式变化,鞣花单宁分别在20%和90%叶片发育阶段含量较高[0.75~0.79 g·(100 g)⁻¹ (FW)],其次是40%

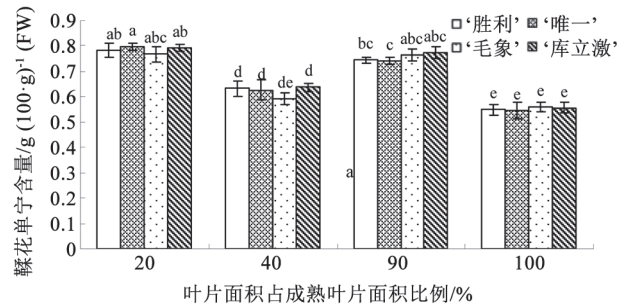


图6 不同基因型和发育阶段对费约果叶片鞣花单宁含量的影响
Fig.6 Influences of different genotypes and ripening stages on the ellagitannins content of feijoa leaf

叶片发育阶段[0.59~0.64 g·(100 g)⁻¹ (FW)],而100%叶片发育阶段,鞣花单宁含量最低[0.55~0.56 g·(100 g)⁻¹ (FW)]。

5 4个费约果品种叶片不同发育阶段FRAP值的变化

叶片发育阶段显著影响4个费约果品种叶片的FRAP值;除90%发育阶段,其余3个阶段基因型对FRAP值的影响不明显(图7)。随着叶片的发育,FRAP值呈现先下降后上升的变化趋势,在幼叶阶段(20%),费约果叶片的FRAP值最高[41.26~44.8 g·(100 g)⁻¹ (FW)],其次是40%叶片发育阶段[30.98~33.82 g·(100 g)⁻¹ (FW)],90%~100%发育阶段的FRAP值在22.06~27.15 g·(100 g)⁻¹ (FW)之间,是20%叶片发育阶段FRAP值的53%~61%。

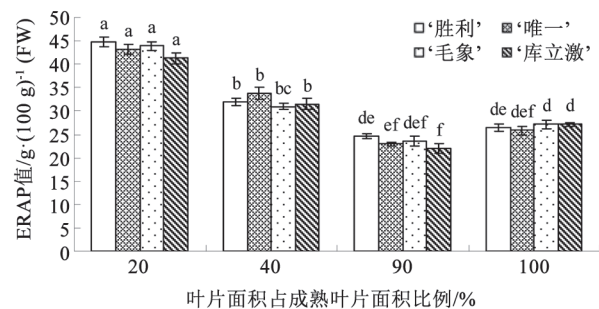


图7 不同基因型和发育阶段对费约果叶片FRAP值的影响
Fig.7 Influences of different genotypes and ripening stages on the FRAP value of feijoa leaf

6 4个费约果品种叶片不同发育阶段ABTS^{•+}抑制率的变化

叶片发育阶段显著影响4个费约果品种叶片的ABTS^{•+}抑制率,然而基因型的影响较小(图8)。

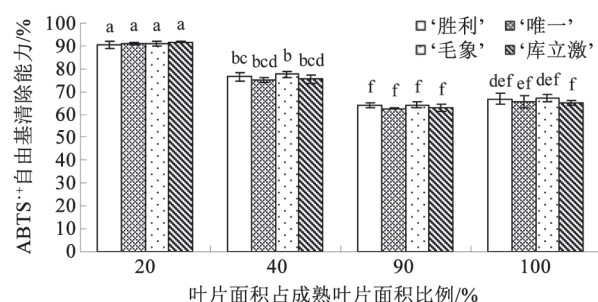


图8 不同基因型和发育阶段对费约果叶片ABTS^{•+}抑制率的影响

Fig.8 Influences of different genotypes and ripening stages on the ABTS^{•+} inhibition rate of feijoa leaf

随着费约果叶片的成熟, 叶片提取液ABTS^{•+}的清除率呈现下降趋势。在4个发育阶段中, 20%发育阶段叶片提取液清除ABTS^{•+}的能力最强(90.57%~91.79%), 是40%叶片发育阶段的1.18~1.21倍, 是90%和100%叶片发育阶段的1.43~1.44倍。

7 费约果叶片生物活性物质与抗氧化能力的相关性分析

如表1所示, 总酚分别与总黄酮($r=0.892$)和原花青素($r=0.907$)呈极显著正相关, 与鞣花单宁($r=0.598$)呈显著正相关(表1), 由此说明黄酮类化合物与原花青素是费约果叶片酚类物质的主要组成物质, 其次是鞣花单宁。此外, 总酚、总黄酮和原花青素均与FRAP和ABTS^{•+}呈极显著正相关, 而鞣花单宁与其不相关, 说明总酚、总黄酮和原花青素在费约果叶片抗氧化能力方面发挥着重要作用, 而鞣花单宁与之相比则作用较小。从表1还可看出, FRAP与ABTS^{•+}呈极显著正相关($r=0.983$), 说明两种方法用于分析费约果叶片的抗氧化能力是可行的。

讨 论

天然抗氧化物质的利用可作为合成抗氧化剂的替代品(Gharibi等2013; Suppakul等2006)。由于天然抗氧化物质能抑制细胞内氧化反应的发生, 减轻自由基对脂、脂蛋白和DNA的氧化损伤, 也可用于保健品的开发以减轻机体的氧化损伤, 从而预防癌症、心脏病以及中风等慢性疾病的发生(Bazylko等2013; Wong等2006)。然而上述产品开发的前提均需要寻找具有高生物活性物质含量和强抗氧化能力的材料。

本研究是在前期研究基础上, 进一步探讨基因型和成熟阶段对费约果叶片生物活性物质含量和抗氧化能力的影响。研究表明, 基因型显著影响费约果叶片总酚和原花青素的含量, 而成熟阶段则显著影响总酚、总黄酮、原花青素、鞣花单宁含量和抗氧化能力。在4个费约果品种中, 均以幼叶阶段(20%)含有较高含量的总酚、总黄酮、原花青素和鞣花单宁, 同时具有较强的抗氧化能力。这种在植物幼嫩阶段具有更高含量的总酚和抗氧化能力的特征在红薯叶片(Padda和Picha 2007)、石榴叶片(Zhang等2010)、柑橘种子(Moulehi等2012)以及草莓(罗娅和汤浩茹2011)和大枣果实(Zozio等2014)中均有体现。然而值得一提的是, 陈明等(2012)研究认为, 费约果嫩叶的总酚含量和抗氧化能力高于成熟叶片, 而类黄酮含量却低于成熟叶片, 这与本研究的结果略有不同。

费约果叶片是一种富含总酚[8.27~18.81 g·(100 g)⁻¹ (FW)]、原花青素[0.43~3.32 g·(100 g)⁻¹ (FW)]和鞣花单宁[0.55~0.79 g·(100 g)⁻¹ (FW)]的植物材料。从现有文献分析, 石榴叶片[9.45~13.19 g·(100 g)⁻¹ (DW)]酚类物质含量较高(Mekni等2013), 若以鲜重为单位

表1 生物活性物质与抗氧化能力的相关性分析

Table 1 Correlation analysis between bioactive compounds and antioxidant activity

项目	总酚	总黄酮	原花青素	鞣花单宁	FRAP	ABTS ^{•+}
总酚	1					
总黄酮	0.892**	1				
原花青素	0.907**	0.987**	1			
鞣花单宁	0.598*	0.522*	0.548*	1		
FRAP	0.919**	0.971**	0.973**	0.405	1	
ABTS ^{•+}	0.894**	0.988**	0.983**	0.441	0.983**	1

*: $P<0.05$; **: $P<0.01$ 。

将其换算, 费约果叶片总酚含量应高于或与之相当。此外, 总酚含量较高的水果有草莓[0.18~0.32 g·(100 g)⁻¹ (FW)]、蓝莓[0.077~0.82 g·(100 g)⁻¹ (FW)]和黑莓[0.17~0.31 g·(100 g)⁻¹ (FW)] (Wang等1996; Heinonen等1998; Chun等2005; Scalzo等2005; Capocasa等2008; Vasco等2008), 由此说明费约果叶片的总酚含量远高于上述水果。费约果各品种叶片原花青素含量在0.43~3.3 g·(100 g)⁻¹ (FW)之间, 远高于葡萄[0.16 g·(100 g)⁻¹ (FW)], 而与扁豆[0.32~1.04 g·(100 g)⁻¹ (FW)]和可可豆[0.26~1.2 g·(100 g)⁻¹ (FW)]相当, 部分品种大大高于扁豆和可可豆(唐传核2005)。

鞣花单宁是一种多酚类物质, 主要存在于橡木、核桃、杏、石榴种子、黑莓、云莓、树莓和草莓中(Landete 2011), 因其具有预防癌症的作用近年来受到研究者的关注。鞣花单宁的定量分析是根据鞣花单宁遇酸或碱会水解形成不溶于水的鞣花酸, 进而以鞣花酸作为标准品来计算鞣花单宁的含量(da Silva Pinto等2008)。本研究首次对费约果叶片的鞣花单宁进行了定量分析, 研究表明, 4个费约果品种不同发育阶段叶片的鞣花单宁含量在0.55~0.79 g·(100 g)⁻¹ (FW)之间, 而富含鞣花单宁的云莓、树莓和草莓的鞣花单宁含量分别为0.32~1.42、0.15~1.8和0.17~0.52 g·(100 g)⁻¹ (FW) (Häkkinen等2000; Landete 2011; da Silva Pinto等2008), 说明费约果叶片也是一种获取鞣花单宁的良好材料。

植物材料抗氧化能力的强弱由植物抗氧化物质的组成及其含量所决定。在进行4个费约果品种不同发育阶段叶片的抗氧化能力测定时, 本研究采用了FRAP法和ABTS^{•+}自由基清除能力两种方法。研究表明, 两种方法抗氧化能力的测定结果具有一致性, 且两种方法之间以及与总酚、总黄酮和原花青素呈极显著相关, 说明两种方法均可用于费约果叶片抗氧化能力的测定。总酚、总黄酮和原花青素是费约果叶片抗氧化能力的主要组成物质。

综上所述, 费约果叶片是一种富含总酚、原花青素和鞣花单宁的植物材料。基因型和成熟阶段均显著影响费约果多酚类物质含量和抗氧化能力, 尤以叶片发育阶段的影响最为明显。在4个费约果

品种中, 均以幼叶(20%)含有最高的总酚、总黄酮、原花青素、鞣花单宁和抗氧化能力, 且此阶段的‘胜利’品种含有最高含量的总酚和原花青素。因此, 可考虑在果树修剪时搜集费约果的叶片用于食品和保健行业进行天然抗氧化物质的开发。

参考文献

- 陈明, 黄仁华, 刘仁道, 王丹, 丁振柱(2012). 费约果叶片提取物抗氧化活性研究. 果树学报, 29 (4): 593~597
- 罗娅, 汤浩茹(2011). ‘丰香’草莓果实发育过程中抗氧化物质与活性氧代谢研究. 园艺学报, 38 (8): 1523~1530
- 唐传核(2005). 植物生物活性物质. 北京: 化学工业出版社, 286~289
- 王丹, 刘仁道, 张冬雪, 陈静, 吴杰(2007). 食用观赏兼用果树新种类费约果的组织培养技术初探. 中国南方果树, 36 (2): 21~23
- 向盛萍, 袁德义, 赵思东, 周旭, 谭晓风(2009). 菲油果光合特性的日变化. 湖南农业大学学报(自然科学版), 35 (3): 284~287
- 张猛, 王丹, 任少雄, 刘仁道(2009a). 不同基质和植物生长调节剂对费约果嫩枝扦插生根的影响. 中国南方果树, 38 (4): 47~48
- 张猛, 王丹, 任少雄, 刘仁道(2009b). 费约果母株繁殖方式和插穗成熟度对扦插生根的影响. 林业科技, 34 (3): 59~61
- 张猛, 王丹, 任少雄, 刘仁道(2009c). 费约果生物学特性及营养与药用价值研究. 北方园艺, (6): 128~131
- Basile A, Vuotto ML, Violante U, Sorbo S, Martone G, Castaldo-Cobianchi R (1997). Antibacterial activity in *Actinidia chinensis*, *Feijoa sellowiana* and *Aberia caffra*. Int J Antimicrob Agents, 8 (3): 199~203
- Bazylko A, Granica S, Filipek A, Piwowarski J, Stefanska J, Osinska E, Kiss AK (2013). Comparison of antioxidant, anti-inflammatory, antimicrobial activity and chemical composition of aqueous and hydroethanolic extracts of the herb of *Tropeolum majus* L. Ind Crops Prod, 50: 88~94
- Benzie IFF, Strain JJ (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: The FRAP assay. Anal Biochem, 239 (1): 70~76
- Beyhan Ö, Elmastas M, Gedikli F (2010). Total phenolic compounds and antioxidant capacity of leaf, dry fruit and fresh fruit of feijoa (*Acca sellowiana*, Myrtaceae). J Med Plants Res, 4 (11): 1065~1072
- Binder RG, Flath RA (1989). Volatile components of pineapple guava. J Agric Food Chem, 37 (3): 734~736
- Buendia B, Gil MI, Tudela JA, Gady AL, Medina JJ, Soria C, Lopez JM, Tomas-Barberan FA (2010). HPLC-MS analysis of proanthocyanidin oligomers and other phenolics in 15 strawberry cultivars. J Agric Food Chem, 58 (7): 3916~3926
- Capocasa F, Scalzo J, Mezzetti B, Battino M (2008). Combining quality and antioxidant attributes in the strawberry: The role of genotype. Food Chem, 111 (4): 872~878
- Chang C-C, Yang M-H, Wen H-M, Chern J-C (2001). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. J Food Drug Anal, 10 (3): 178~182
- Chun OK, Kim DO, Smith N, Schroeder D, Han JT, Lee CY (2005).

- Daily consumption of phenolics and total antioxidant capacity from fruit and vegetables in the American diet. *J Sci Food Agric*, 85 (10): 1715~1724
- da Silva Pinto M, Lajolo FM, Genovese MI (2008). Bioactive compounds and quantification of total ellagic acid in strawberries (*Fragaria×ananassa* Duch.). *Food Chem*, 107 (4): 1629~1635
- El-Shenawy SM, Marzouk MS, El-Dib RA, Abo-Elyazed HE, Shaffie NM, Moharram FA (2008). Polyphenols and biological activities of *Feijoa sellowiana* leaves and twigs. *Rev Latinoamer Quim*, 36 (3): 103~120
- Gharibi S, Tabatabaei BES, Saeidi G, Goli SAH, Talebi M (2013). Total phenolic content and antioxidant activity of three Iranian endemic *Achillea* species. *Ind Crops Prod*, 50: 154~158
- Häkkinen SH, Kärenlampi SO, Mykkänen HM, Heinonen MI, Törönen AR (2000). Ellagic acid content in berries: Influence of domestic processing and storage. *Eur Food Res Technol*, 212 (1): 75~80
- Heinonen IM, Meyer AS, Frankel EN (1998). Antioxidant activity of berry phenolics on human low-density lipoprotein and liposome oxidation. *J Agric Food Chem*, 46 (10): 4107~4112
- Koponen JM, Happonen AM, Mattila PH, Torronen AR (2007). Contents of anthocyanins and ellagitannins in selected foods consumed in Finland. *J Agric Food Chem*, 55 (4): 1612~1619
- Landete JM (2011). Ellagitannins, ellagic acid and their derived metabolites: A review about source, metabolism, functions and health. *Food Res Int*, 44 (5): 1150~1160
- Lintas C, Cappelloni M (1992). Dietary fiber content of Italian fruit and nuts. *J Food Compos Anal*, 5 (2): 146~151
- Mekni M, Azez R, Tekaya M, Mechri B, Hammami M (2013). Phenolic, non-phenolic compounds and antioxidant activity of pomegranate flower, leaf and bark extracts of four Tunisian cultivars. *J Med Plants Res*, 7 (17): 1100~1107.
- Molan AL, Flanagan J, Wei W, Moughan PJ (2009). Selenium-containing green tea has higher antioxidant and prebiotic activities than regular green tea. *Food Chem*, 114 (3): 829~835
- Moulehi I, Bourgou S, Ourghemmi I, Tounsi MS (2012). Variety and ripening impact on phenolic composition and antioxidant activity of mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) and bitter orange (*Citrus aurantium* L.) seeds extracts. *Ind Crops Prod*, 39: 74~80
- Padda MS, Picha DH (2007). Antioxidant activity and phenolic composition in 'Beauregard' sweetpotato are affected by root size and leaf age. *J Am Soc Hortic Sci*, 132 (4): 447~451
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Riceevans C (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biol Med*, 26 (9-10): 1231~1237
- Ruberto G, Tringali C (2004). Secondary metabolites from the leaves of *Feijoa sellowiana* Berg. *Phytochemistry*, 65 (21): 2947~2951
- Scalzo J, Politi A, Pellegrini N, Mezzetti B, Battino M (2005). Plant genotype affects total antioxidant capacity and phenolic contents in fruit. *Nutrition*, 21 (2): 207~213
- Suppakul P, Sanla-Ead N, Phoopuritham P (2006). Antimicrobial and antioxidant activities of betel oil. *Kasetsart J: Nat Sci*, 40 (Suppl.): 91~100
- Vasco C, Ruales J, Kamal-Eldin A (2008). Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. *Food Chem*, 111 (4): 816~823
- Vuotto ML, Basile A, Moscaticello V, De Sole P, Castaldo-Cobianchi R, Laghi E, Ielpo MTL (2000). Antimicrobial and antioxidant activities of *Feijoa sellowiana* fruit. *Int J Antimicrob Agents*, 13 (3): 197~201
- Wang H, Cao G, Prior RL (1996). Total antioxidant capacity of fruits. *J Agric Food Chem*, 44 (3): 701~706
- Wong SP, Leong LP, William Koh JH (2006). Antioxidant activities of aqueous extracts of selected plants. *Food Chem*, 99 (4): 775~783
- Zhang L-H, Gao Y-J, Zhang Y-H, Liu J, Yu J-W (2010). Changes in bioactive compounds and antioxidant activities in pomegranate leaves. *Sci Hortic*, 123 (4): 543~546
- Zozio S, Servent A, Casal G, Mbéguié-A-Mbéguié D, Ravion S, Pallet D, Abel H (2014). Changes in antioxidant activity during the ripening of jujube (*Ziziphus mauritiana* Lamk). *Food Chem*, 150: 448~456