

不同品种山楂活性成分及其抗氧化活性的研究

张晓波, 邓捷, 温玲蓉, 游丽君

(华南理工大学食品科学与工程学院, 广东广州 510640)

摘要: 本文以产自山东地区的山里红和大金星这两个常见山楂品种作为研究对象, 山楂冻干制成粉末后测定它们的总酚、总黄酮含量及抗氧化活性 (DPPH、ORAC 和 PSC), 并采用 HPLC 分析抗氧化活性成分的差异。结果显示不同品种山楂中的总酚和总黄酮含量各异, 其中山里红果实的总酚 (61.91 mg GA equiv./g DW) 和总黄酮 (55.96 mg catechin equiv./g DW) 含量均显著高于大金星。山楂果实提取物均有较好的抗氧化活性, 其中山里红品种表现出更好的抗氧化活性, 其 ORAC 及 PSC 值分别是大金星的 1.54 和 2 倍。山楂果实提取液经 HPLC 法分析, 鉴定出 7 种多酚类化学成分, 最主要的酚类化合物为原花青素 B₂ 以及表儿茶素, 且山里红果实多酚类化合物的含量显著高于大金星。综合比较发现山楂中的活性成分含量及种类各异, 且山里红的抗氧化活性较强, 是天然抗氧化剂的潜在原料。

关键词: 山楂; 总酚; 总黄酮; 抗氧化性

文章编号: 1673-9078(2017)9-91-95

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2017.9.013

Bioactive Compounds of Different Hawthorn Cultivars and Their Antioxidant Activities

ZHANG Xiao-bo, DENG Jie, WEN Ling-rong, YOU Li-jun

(School of Food Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: The antioxidant properties of two common hawthorn cultivars, Shanlihong and Dajinxing, which are widely grown in the Shandong province of China, were examined. The total phenolic content (TPC), total flavonoid content (TFC), and antioxidant activity of hawthorn powder prepared by freeze-drying were measured. Antioxidant activity was assessed based on 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging capacity, oxygen radical absorbance capacity (ORAC), and rapid peroxy radical scavenging capacity (PSC). Moreover, differences in the identity and quantity of active components with antioxidant activities between the two cultivars were analyzed by high performance liquid chromatography (HPLC). The TPC and TFC of the Shanlihong extract (61.91 mg gallic acid equivalents/g DW and 55.96 mg catechin equivalents/g DW, respectively) were significantly higher than those of the Dajinxing extract. While both of the hawthorn fruit extracts had high antioxidant activity, the Shanlihong extract showed higher antioxidant activity than the Dajinxing extract, with a 1.54-fold higher ORAC and a two-fold higher PSC. Analysis of the hawthorn fruit extracts by HPLC led to the identification of seven polyphenols. Procyanidin B₂ and epicatechin were the predominant phenolic compounds in both the Shanlihong and Dajinxing cultivars, and the polyphenol content of the Shanlihong cultivar was significantly higher than that of the Dajinxing cultivar. This comprehensive evaluation shows that the quantity and type of bioactive components in hawthorn differ between different cultivars, and that the Shanlihong cultivar, which has stronger antioxidant activity than the Dajinxing cultivar, is a potential source of natural antioxidants.

Key words: hawthorn; total phenolics; total flavonoids; antioxidant activity

山楂 (*Crataegus* spp.), 蔷薇科苹果亚科山楂属, 灌木或落叶乔木。我国山楂属植物资源和蕴藏量丰富,

收稿日期: 2017-01-30

基金项目: 广东省自然科学基金项目 (2014A030313242); 中央高校基本科研业务费项目 (2015ZZ110); 广东省特支计划青年拔尖人才项目 (2015TQ01N670); 广州市珠江科技新星项目 (201610010096)

作者简介: 张晓波 (1989-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 食品营养与健康
通讯作者: 游丽君 (1982-), 女, 博士, 副研究员, 研究方向: 食品营养与健康

栽培历史悠久, 距今已有 1700 多年, 东北、京津、辽冀、山东和太行山区是山楂的五大产区^[1]。山楂具有很高的营养和药用价值, 为我国传统的药食同源植物。山楂富含原花青素、黄酮醇、碳苷黄酮及其花青苷、酚酸等酚类化合物, 但由于山楂品种、产地和采摘期等不同, 山楂果实中的主要活性成分含量和种类都存在差异。目前文献报道的山楂黄酮类物质主要有: 槲皮素类、芹菜素、二氢黄酮类和山奈酚类等。此外, 山楂中还含有大量的原花青素类化合物^[2]。

活性氧 (reactive oxygen species, ROS) 是机体产生的正常代谢物。在正常情况下, 活性氧处于动态平衡中, 一旦体内 ROS 过剩时, 则会导致构成细胞的物质如糖类、脂质、蛋白质和 DNA 等发生氧化损伤, 从而引起心脑血管和动脉硬化等多种疾病^[3]。机体一般通过内源性的抗氧化物 (Vc、VE 和辅酶 Q 等) 与外源性的抗氧化物 (类黄酮、多酚和花色苷等) 清除多余的 ROS, 以此保持机体的健康。由于植物多酚结构存在羟基基团, 可与机体内自由基结合, 从而消灭自由基, 是良好的天然抗氧化剂。有研究报道, 植物多酚具有多种生物活性, 可有效降低心血管疾病、糖尿病和癌症等非传染性疾病的发病率, 促进记忆、抑制神经炎症和防止老年痴呆等生理功能^[3,4]。植物多酚的这些生理学功能与它的抗氧化能力有密切的关系^[5]。

山楂具有良好的生物活性和营养性, 深入了解山楂植物功能活性成分的含量以及抗氧化活性, 对于进一步研究山楂的体内生物活性, 挖掘提高其营养价值, 更大程度地发挥其保健功能具有重要意义。目前对山楂的抗氧化活性的研究很多, 但多集中在鲜果或山楂药材上。本研究将山楂鲜果冻干后采用 80% 丙酮水溶液提取山楂中活性成分, 定量测定其总酚、总黄酮含量, 通过高效液相色谱 (HPLC) 法分析其抗氧化活性成分的差异, 并采用 1,1-二联苯基-2-苦肟 (DPPH) 自由基清除能力测定法、氧自由基吸收能力测定法 (ORAC) 以及过氧自由基清除能力测定法 (PSC) 测定山楂的抗氧化活性, 以期通过比较两个不同品种山楂的活性成分和抗氧化活性, 更加全面地了解山楂这一植物资源, 同时也为山楂的深入研究提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

山里红、大金星 5 kg 鲜果于 2014 年 10 月采摘于山东潍坊, 样品清洗去籽后于冷冻离心机冻干, 粉碎后过 60 目筛子, 收集筛下物备用; 福林酚试剂购自广州化学试剂厂; 1,1-二苯基-2-三硝基苯肟 (DPPH)、水溶性维生素 E (Trolox)、ABAP、没食子酸、儿茶素、绿原酸、原花青素 B₂、表儿茶素、对香豆酸、金丝桃苷、异槲皮苷和荧光素钠均购自于美国 Sigma 公司。

DU730 分光光度计, 美国贝克曼库尔特有限公司; 868 型 pH 计, 美国 Orion 公司; T25 均质机, 德国 IKA 公司; N-1001 旋转蒸发器, 日本 EYELA 公司; Allegra X-I5R 冷冻离心机, BECKMAN 公司; Filter

Max F5 酶标仪, 美国 Molecular 公司; 1525 高效液相色谱仪, 美国 Waters 公司。

1.2 实验方法

1.2.1 游离型多酚化合物的提取

多酚化合物的提取参考 Prasad 的报道^[6], 采用 80% 丙酮水溶液提取法提取山楂样品中的游离型多酚类化合物。粉碎后的山楂与 4 °C 80% 丙酮以质量比 =1:15 混合, 利用高速均质机持续作用 3 min (10000 r/min), 将混合液离心 (1843.4 g, 10 min, 4 °C), 过滤, 取清液。剩余的果渣重复上述步骤两次。将上述上清液合并, 并移至旋蒸瓶, 采用真空旋转蒸发器进行浓缩 (-0.1 MPa, 45 °C), 直至总体积小于 10 mL。将浓缩液转移到 10 mL 容量瓶, 用超纯水定容, 然后再分装至小离心管中, 置于 -20 °C 冰箱中保存。测定其多酚、总黄酮、多酚化合物种类以及抗氧化活性。

1.2.2 粗提物总酚含量的测定

提取物中总酚含量的测定采用福林酚比色法^[7], 以没食子酸为标准品, 总酚含量以每克水果样品干重相当于没食子酸的毫克数 (mg GA equiv. /g DW) 表示。每个样品做三个平行。

1.2.3 粗提物总黄酮含量的测定

粗提物中总黄酮的含量采用硼氢化钠-四氯苯醌比色法进行测定^[8], 以儿茶素为标准品, 总黄酮含量以每克水果样品干重相当于儿茶素的毫克数 (mg catechin equiv. /g, DW) 表示。每个样品做三个平行。

1.2.4 粗提物的 HPLC 分析物

色谱条件, 色谱柱: Sunfire C18 反相色谱柱 (4.6×250 mm, 5 μm, Waters, USA)。流动相: 0.1% 三氟乙酸水 (A), 乙腈: 甲醇 (4:1) (B)。洗脱程序: 0~5 min, 3% B; 5~8 min, 4~10% B; 8~12 min, 10% B; 12~15 min, 10~12% B; 15~26 min, 12~14% B; 26~32 min, 14~18% B; 32~48 min, 18~20% B; 48~53 min, 20~25% B; 53~63 min, 25~80% B; 63~66 min, 80~3% B; 66~70 min, 3% B。流速: 1.00 mL/min。检测波长 280 nm, 340 nm; 柱温: 35 °C; 进样量: 10 μL。

1.2.5 抗氧化活性测定

1.2.5.1 粗提物对 DPPH 自由基清除能力的测定

方法参考 Wen 等^[9]并稍作修改, 即取 0.1 mL 不同浓度样品溶液加入 2.9 mL DPPH (0.1 mM, 溶于甲醇), 混匀, 室温下避光静置 30 min, 测定 517 nm 处的光吸收值。其中, 以 0.1 mL 样品溶液加入 2.9 mL 甲醇为对照, 以甲醇为空白调零, 所有样品都采用三次平行试验, 样品浓度表示为样品在体系中的终浓度。计算公式如下:

$$\text{DPPH自由基清除率}(\%) = \left(1 - \frac{A_s - A_c}{A}\right) \times 100\%$$

其中, 反应样品溶液的吸光值为 A_s ; 0.1 mL 样品溶液和 2.9 mL 甲醇混合溶液的吸光值为 A_c ; 0.1 mL 甲醇和 2.9 mL DPPH 混合溶液的吸光值为 A 。最后以半抑制浓度 (IC_{50}) 表示抗氧化能力。

1.2.5.2 粗提物的氧自由基吸收能力(ORAC)的测定

总抗氧化能力的测定采用氧自由基吸收能力 (ORAC)法, 参考 Wen 等^[10]的方法。ORAC 值用 $\mu\text{mol Trolox/g}$ 样品来表示。

1.2.5.3 粗提物过氧自由基清除能力(PSC)的测定

参考 Wen 等^[10]的方法。样品提取液抗氧化能力用 PSC 值 ($\mu\text{mol Vit.c equiv. /100 g, DW}$) 来表示, 每个样品至少三次重复数据, 以 $x \pm SD$ 表示。

1.2.6 统计分析

采用 IBM SPSS 21.0 软件分析实验数据, 平均值的差异性用单因素方差分析 (one-way analysis of variance, ANOVA) 中的 LSD 检验, $p < 0.05$ 为有统计学差异。实验重复 3 次。

2 结果与分析

2.1 粗提物的总酚、总黄酮含量

表 1 山里红和大金星粗提物的总酚和总黄酮含量

Table 1 Total phenolic content and total flavonoid content of Shanlihong and Dajinxing hawthorn fruits

材料	总酚含量 (mg GA equiv. /g DW)	总黄酮含量 (mg catechin equiv. /g DW)
山里红	61.91±1.65 ^b	55.96±3.57 ^b
大金星	52.62±0.81 ^b	44.25±8.76 ^a

注: 表中不同字母表示不同品种之间具有差异性显著 ($p < 0.05$)。

从表 1 可知, 山里红果实 80%丙酮粗提物的总黄酮含量显著高于大金星的果实提取物, 但两者总酚含量并无显著性差异。

从目前的文献报道来看, 两个不同品种山楂的总酚、总黄酮含量存在差异, 主要受两方面因素的影响: 基因差异和外部环境差异 (如植物生长条件、果实的成熟度、采摘后的处理和运输环节的影响)。另外, 根据 Wen 等^[10]人的研究结果, 山里红和大金星鲜果提取物的总酚含量分别为 $66.67 \pm 1.21 \text{ mg GA equiv. /g DW}$ 和 $59.19 \pm 1.52 \text{ mg GA equiv. /g DW}$, 总黄酮含量分别为 $61.77 \pm 1.20 \text{ mg GA equiv. /g DW}$ 和 $46.20 \pm 1.24 \text{ mg GA equiv. /g DW}$ 。本实验采用冻干的方法对两种样品进行了前处理, 与直接用鲜果提取相比, 山里红和大

金星总酚含量的损失分别为 7.14%和 11.10%, 总黄酮含量的损失分别为 9.41%和 4.22%。这表明, 采用冻干的处理方法对山楂果实中的总酚、总黄酮含量的影响较小。结合郭泽美^[11]的研究结果可知, 冻干法与晒干、烘干等加工方法相比, 更能有效避免果实中抗氧化成分的损失。

2.2 粗提物 HPLC 分析

2.2.1 山楂提取物 HPLC 分析

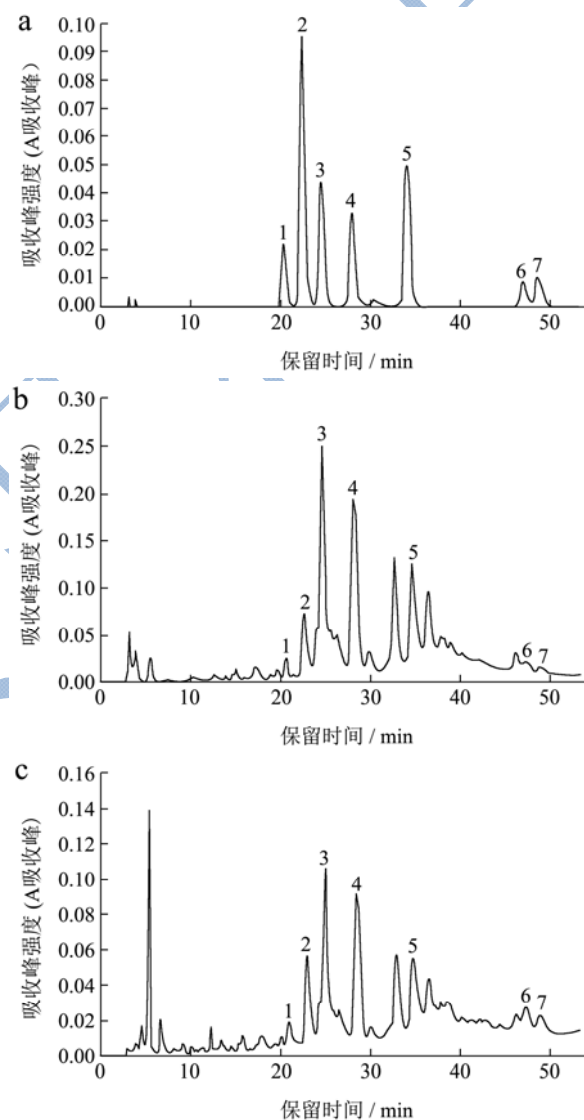


图 1 山楂标准品 (a) 及山里红 (b) 和大金星 (c) 样品提取物的液相色谱图

Fig.1 Chromatograms of HPLC standards and hawthorn fruit extracts

注: a, 标准品; b, 山里红; c, 大金星。1-儿茶素; 2-绿原酸; 3-原花青素 B2; 4-表儿茶素; 5-对香豆酸; 6-金丝桃苷; 7-异槲皮苷。

图 1 是山里红和大金星 80%丙酮提取物的液相色谱图, 通过对比样品与标准品的保留时间可以确定样

品所含多酚化合物的种类。如图 1 所示, 本实验通过 HPLC 分析鉴定出山楂提取物主要含有七种酚类物质, 分别为儿茶素、绿原酸、原花青素 B₂、表儿茶素、对香豆酸、金丝桃苷以及异槲皮苷。

表 2 山里红和大金星提取物的 HPLC 分析结果

Table 2 HPLC analysis of Shanlihong and Dajinxing extracts

酚类物质的种类	不同山楂的品种中的含量/(mg/100 g DW)	
	山里红	大金星
儿茶素	40.99±0.87 ^b	42.74±0.47 ^a
绿原酸	128.8±4.21 ^a	90.48±8.75 ^b
原花青素 B ₂	734.5±12.43 ^a	300.1±11.51 ^b
表儿茶素	536.4±11.48 ^a	239.2±7.96 ^b
对香豆酸	70.42±3.19 ^a	34.31±0.90 ^b
金丝桃苷	16.53±0.54 ^b	27.06±0.89 ^a
异槲皮苷	7.04±0.34 ^b	15.35±0.86 ^a

注: 表中不同字母表示不同品种之间具有差异性显著 ($p < 0.05$)。

根据 HPLC 的吸收峰面积及其相应化合物的标准曲线可计算出各种酚类化合物的含量, 具体数据见表 2。

实验结果表明, 两种山楂提取物中原花青素 B₂ 和表儿茶素的含量显著高于其他酚类化合物。通过 HPLC 检测出的山里红提取物所含的七种酚类物质中, 原花青素 B₂ 的含量占总量的 47.86%, 表儿茶素则占 34.95%, 其他五种酚类物质总共仅占 17.19%。此外, 大金星提取物所含的七种酚类物质中, 原花青素 B₂ 的含量占总量的 40.05%, 表儿茶素则占 31.93%, 其他五种酚类物质总共仅占 28.02%。这表明, 原花青素 B₂ 和表儿茶素是这两个品种的山楂所含的最主要的酚类物质。这一结果和前人的研究结果类似, Liu 等^[12]人发现山楂中主要酚类化合物为原花青素类化合物, 其中表儿茶素和原花青素 B₂ 含量最高, 分别为 90~1170 和 70~1240 mg/100 g DW, 且不同品种之间的差异性较大。

由表 2 可知, 山里红提取物中主要酚类化合物的含量从高到低依次为原花青素 B₂、表儿茶素、绿原酸、对香豆酸、儿茶素、金丝桃苷、异槲皮苷, 其中前四种化合物的含量均显著高于大金星, 而后三种化合物的含量均稍低于大金星。总的来说, 山里红提取物中酚类化合物的总含量比大金星高, 这与总酚含量的测定结果一致。

水果和蔬菜中的多酚物质能有效地清除体内自由基, 从而防止因自由基过剩而产生的生物大分子损伤, 具有较强的抗氧化能力, 是天然抗氧化剂的潜在资源

^[13]。由图 2 和图 3 可知, 山楂果实的粗提取物对 DPPH 自由基清除能力均表现了明显的量效关系: 随着浓度的增大, 自由基清除能力显著提高。由表 3 可知, 通过计算得出的半抑制浓度 IC₅₀ 值, 山里红低于大金星, 表明山里红果实提取物具有更高的抗氧化活性。

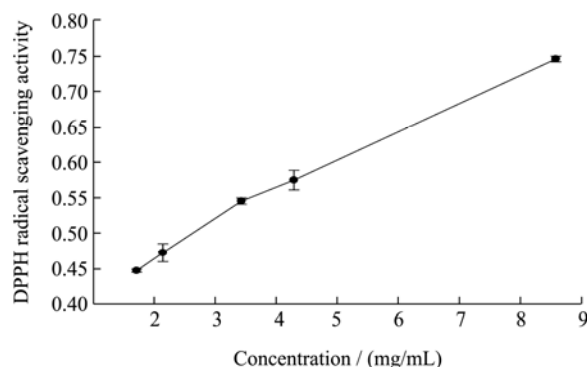


图 2 山里红果实粗提取物对 DPPH 自由基的清除活性

Fig.2 DPPH radical-scavenging activity of Shanlihong hawthorn fruits

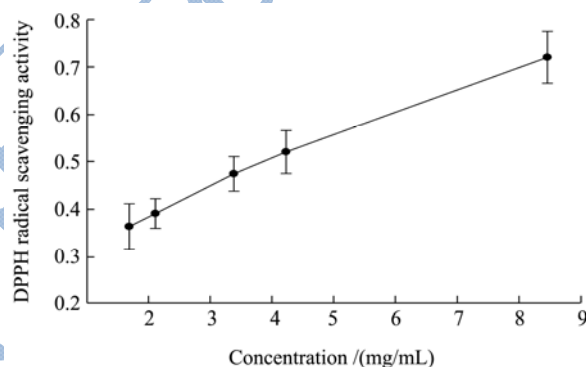


图 3 大金星果实粗提取物对 DPPH 自由基的清除活性

Fig.3 DPPH radical-scavenging activity of Dajinxing hawthorn fruits

2.3 粗提物的抗氧化活性

2.3.1 粗提取物对 DPPH 自由基的清除能力

山楂提取物的 ORAC 值如表 3 所示。本实验测得的数据表明, 不同品种的山楂粗提取物的 ORAC 值与总酚、总黄酮含量以及 DPPH 自由基清除能力的趋势一致。这可能暗示着山楂提取物中的多酚类物质 (原花青素 B₂ 和表儿茶素等) 含有大量酚羟基, 可通过转移氢原子来阻断自由基链式反应的过程, 从而发挥抗氧化活性。许红星等^[14]的研究结果也证实了这一推测, 他们分析比较了十种常见水果的抗氧化活性 (ORAC) 与总酚含量的相关性, 结果表明总酚含量高的提取物的 ORAC 值显著高于总酚含量较低的提取物, 且 ORAC 值与总酚含量之间呈线性相关。

2.3.2 粗提物的氧自由基吸收能力(ORAC)

表3 山里红和大金星果实粗提物的抗氧化能力

Table 3 Antioxidant capacities of Shanlihong and Dajinxing hawthorn fruits

原料	DPPH IC ₅₀ 值/(mg/mL)	ORAC 值/($\mu\text{mol Trolox/g DW}$)	PSC 值/($\mu\text{mol Vit. c equiv./g DW}$)
山里红	2.49±0.05	1871±44	246.1±12.07
大金星	3.18±0.20	1211±152	113.8±16.35

两个不同品种的山楂的氧自由基吸收能力相比较, 山里红的 ORAC 值 ($1871\pm 44 \mu\text{mol Trolox/g DW}$) 显著高于大金星 ($1211\pm 152 \mu\text{mol Trolox/g DW}$), 即山里红提取物表现出比大金星提取物更高的抗氧化能力。这之前测得的总酚含量以及 DPPH 自由基清除能力的结果相一致。

2.3.3 粗提物的过氧自由基清除能力(PSC)

根据表3可知, 两种山楂果实粗提物的 PSC 值: 山里红高于大金星。与 DPPH 自由基清除能力测定和 ORAC 法的结果一致, 山里红果实提取物表现出比大金星更高的抗氧化活性。

本研究中山楂粗提物的活性成分组成和抗氧化活性成分与之前 Wen 等人^[10]报道的结果有些差异, 主要原因是山楂的具体产地不同, 且本研究用山楂冻干粉测定, 故造成结果方面有些不同。

3 结论

研究结果发现, 品种会显著影响山楂的生物活性成分、种类及抗氧化活性。山里红果实的总酚和总黄酮含量均显著高于大金星果实。通过 HPLC 法对山里红和大金星果实的提取液分析, 鉴定出 7 种多酚类化学成分, 且山楂所含的最主要的酚类化合物为原花青素 B2 以及表儿茶素, 山里红果实多酚类化合物的含量显著高于大金星。采用 DPPH 自由基清除能力, 氧自由基吸收能力以及过氧自由基清除能力三种方法评价山里红和大金星果实的 80% 丙酮提取物的抗氧化能力, 发现山楂果实提取物均有较好的抗氧化活性, 其中山里红品种的抗氧化活性更强。

参考文献

- [1] 兰士波. 中国山楂种质资源的研究现状及利用前景[J]. 安徽农业科学, 2016, 7: 182-184
LAN Shi-bo. Research status and application prospect of the germplasm resources of *Crataegus pinnatifida* Bge. [J]. Journal of Anhui Agri. Sci., 2016, 7: 182-184
- [2] Wu J, Peng W, Qin R, et al. *Crataegus pinnatifida*: chemical constituents, pharmacology, and potential applications [J]. Molecules, 2014, 19(2): 1685-1712
- [3] Li H, Horke S, Förstermann U. Vascular oxidative stress, nitric oxide and atherosclerosis [J]. Atherosclerosis, 2014, 237(1):

- 208-219
- [4] Ogah O, Watkins C S, Ubi B E, et al. Phenolic compounds in *Rosaceae* fruit and nut crops [J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2014, 62(39): 9369-9386
- [5] Meyers K J, Watkins C B, Pritts M P, et al. Antioxidant and antiproliferative activities of strawberries [J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2003, 51(23): 6887-6892
- [6] Prasad K N, Bao Y, Zhao M M, et al. Application of ultrasonication or high-pressure extraction of flavonoids from litchi fruit pericarp [J]. Journal of Food Process Engineering, 2009, 32(6): 828-843
- [7] Wen L, Yang B, Cui C, et al. Ultrasound-assisted extraction of phenolics from Longan (*Dimocarpus longan* Lour.) fruit seed with artificial neural network and their antioxidant activity [J]. Food Analytical Methods, 2012, 5(6): 1244-1251
- [8] 王立峰. 薏米中多酚类物质对抗氧化、抗肿瘤和降血脂作用的评价研究[D]. 无锡: 江南大学, 2012
WANG Li-feng. Evaluation research of antioxidant, antitumour activities and hypercholesterolemia-induce of polyphenol from adlay (*Coix lachrymal-jobi* L.) [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2012
- [9] Wen L, Lin S, Zhu Q, et al. Analysis of Chinese olive cultivars difference by the structural characteristics of oligosaccharides [J]. Food Analytical Methods, 2013, 6(6): 1529-1536
- [10] Wen L, Guo X, Liu R H, et al. Phenolic contents and cellular antioxidant activity of Chinese hawthorn "*Crataegus pinnatifida*" [J]. Food Chemistry, 2015, 186: 54-62
- [11] 郭泽美, 任章成, 陈腾, 等. 干燥方式对葡萄皮多酚及其抗氧化活性的影响[J]. 食品科学, 2013, 34(11): 117-121
GUO Ze-mei, REN Zhang-cheng, CHEN Teng, et al. Effect of drying methods on polyphenols content and antioxidant activity of grape skin [J]. Food Science, 2013, 34(11): 117-121
- [12] Liu P, Kallio H, Lü D, et al. Quantitative analysis of phenolic compounds in Chinese hawthorn (*Crataegus* spp.) fruits by high performance liquid chromatography-electrospray ionisation mass spectrometry [J]. Food Chemistry, 2011, 127(3): 1370-1377
- [13] Liu P, Kallio H, Lü D, et al. Quantitative analysis of phenolic compounds in Chinese hawthorn (*Crataegus* spp.) fruits by high performance liquid chromatography-electrospray

- ionisation mass spectrometry [J]. Food Chemistry, 2011, 127(3): 1370-1377 Song W, Derito C M, Liu M K, et al. Cellular antioxidant activity of common vegetables [J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2010, 56(18): 8418-8426
- [14] 许红星,曹晖,刘方方.两种方法评价常见水果的抗氧化活性 [J]. 美食研究,2012, 29(4): 38-42
- XU Hong-xing, CAO hui, LIU Fang-fang. Two methods for evaluating the antioxidant activity of common fruits [J]. Food Research, 2012, 29(4): 38-42

现代食品科技