

海红果酚类物质种类及其抗氧化能力的研究

王猛¹, 王敏¹, 李环宇¹, 王勇², 武和平²

(1. 西北农林科技大学食品科学与工程学院, 陕西杨凌 712100)

(2. 榆林市西府海棠产业开发研究有限公司, 陕西府谷 719400)

摘要: 本文旨在探讨海红果抗氧化活性及其酚类物质组成, 利用超声波法提取海红果不同部位的抗氧化物质并测定其总酚和总黄酮含量, 应用 DPPH· 自由基清除能力、ABTS⁺· 自由基清除能力和总还原力三个指标考察其抗氧化活性; 利用 HPLC 法考察海红果酚类物质组成。实验结果发现, 去核海红果总酚含量和总黄酮含量分别达 160±5.03 mg gallic acid q./100 g FW 和 54.45±1.52 mg rutin eq./100 g FW, 显著高于海红果皮和果肉, 总黄酮含量与三个抗氧化指标均存在显著正相关关系, 而总酚含量与三个抗氧化指标存在正相关关系但不显著, 表明黄酮类物质对海红果抗氧化活性贡献较大。海红果酚类物质以羟基苯甲酸类(香草酸、没食子酸等)为主, 海红果皮中黄酮醇类含量最高, 黄酮-3-醇类的儿茶素和表儿茶素只在海红果肉中检出。在所有检出物质中, 海红果皮内芦丁含量最高为 (819.88±10.17 μg/100 g), 此外绿原酸等是海红果中重要的酚类组成物质。

关键词: 海红果; 酚类物质; 抗氧化能力

文章篇号: 1673-9078(2013)11-2633-2637

Malus micromalus Makino Polyphenols and Its Antioxidant Activity

WANG Meng¹, WANG Min¹, LI Huan-yu¹, WANG Yong², WU He-ping²

(1. College of Food Science and Engineering, Northwest A&F University, Yangling 712100, China)

(2. Company, Yulin Xifuhaitang Industrial Development Co., Ltd., Fugu 719400, China)

Abstract: To explore the antioxidant activity and the polyphenols of *Malus micromalus Makino*, the ultrasonic method was utilized to extract the antioxidants from different parts of the fruit, their total phenolic (TP), total flavonoid (TF) contents, phenolic compounds and antioxidant activities were analyzed. The antioxidative capacity of the extracts was evaluated by reducing power, DPPH· and ABTS⁺ scavenging, while HPLC was used to investigate the composition of polyphenols. The contents of TP and TF in denucleated *Malus micromalus Makino* (DM) were 60±5.03 mg gallic acid q./100 g FW and 54.45±1.52 mg rutin eq./100 g FW, respectively, being significant higher than those in peel and pulp of the fruit. There were obvious positive correlations between TF content and the three antioxidant activity indices. And TP content had less positive correlations with the three indices. Hydroxybenzoic acids including vanillic acid, gallic acid were the main polyphenols of *Malus micromalus Makino*. In addition, flavonols gained the highest contents in peels. And catechin and epicatechin were only detected in pulp. In all detected substances, the content of rutin in peels was the highest with 819.88±10.17 μg/100 g. Moreover, chlorogenic acid was also an important phenolic compound in *Malus micromalus Makino*.

Key words: *Malus micromalus Makino*; polyphenols; antioxidant activity

海红学名西府海棠 (*Malus micromalus Makino*), 又名海红子、子母海棠、小果海棠, 属于蔷薇科 (*Rosaceae*) 梨亚科 (*Pomoideae*) 苹果属落叶小乔木, 主要分布在我国晋、陕、蒙三省 (区) 交界处的黄土丘陵沟壑地区^[1]。海红其果实营养丰富, 经常食用可健胃消食、增强食欲, 软化血管, 而某些地区则以海红果代替山楂入药, 具有醒脑提神、去腻除腥的功效

收稿日期: 2013-07-09

基金项目: 西府海棠食品化学分析与加工技术研究 (A304021303)

作者简介: 王猛 (1989-), 男, 博士生, 研究方向为食品化学与营养

通讯作者: 王敏 (1967-), 女, 博士, 教授, 研究方向为食品化学与分析

西部特色药食兼用资源加工利用

^[2]。黄土高原地区由于历史上的过度的滥砍滥伐, 造成了严重的水土流失, 生态环境遭到巨大的破坏, 而海红具有抗寒、耐旱、耐湿、耐盐碱等植物学特性, 因此, 海红是不可多得的黄土高原旱区环境改良树种。现代研究表明, 机体的衰老与活性氧如超氧阴离子自由基 ($O_2^{\cdot-}$) 和羟自由基 ($\cdot OH$) 产生的氧化胁迫有关, 而海红优良的抗逆性, 使其果实中含有更为丰富的植物次生代谢产物, 具有天然抗氧化剂的潜力。目前关于海红的研究主要在国内, 徐玉霞等研究了大孔吸附树脂法纯化海红果黄酮工艺, 且利用酶法提取海红果总黄酮并研究了粗提物对 *Hela* 细胞的增殖作用; 程正涛等^[3]利用响应面法优化了海红果多酚的提取工艺,

得海红果多酚得率为 9.25 mg/g; 郝志鹏等^[4]研究了海红果多糖的提取工艺条件及其体外抗氧化活性, 海红果多糖具有较强的清除自由基能力, 具有较强的体外抗氧化活性; 梁泰刚等^[5]则利用 RP-HPLC 法同时测定了海红果中 4 种黄酮成分的含量, 可见目前海红果研究集中在多酚和黄酮等活性物质的提取及活性研究, 有关海红果酚酸组成及抗氧化活性研究尚未见报道。本文对海红果果皮和果肉中总酚和总黄酮含量进行分析, 并采用三种抗氧化指标考察了其抗氧化能力, 同时采用 HPLC 法测定其酚类物质类型及含量, 以期为提高海红果营养功能性认识和推动其开发利用提供基础资料。

1 材料与方 法

1.1 原料与试剂

海红果于 2012 年 11 月 20 日采自陕西府谷, 采摘后贮藏在 0~4 °C 冷库内保鲜。

二苯基苦肼基(DPPH)、水溶性 VE、2,2-联氮-双(3-乙基-苯并噻唑啉-6-磺酸)(ABTS), 福林酚试剂, 美国 Sigma 公司; 没食子酸、原儿茶酸、儿茶素、对羟基苯甲酸、绿原酸、香草酸、咖啡酸、丁香酸、表儿茶素、对香豆酸、阿魏酸、鞣花酸、肉桂酸、槲皮素和芦丁等标准样品纯度均为色谱纯, 金测分析技术天津有限公司; 其他试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

LC-2010AHT 液相色谱仪, 日本岛津公司; KQ-700DE 型数控超声波清洗器, 昆山市超声仪器有限公司; 调速多用振荡器, 常州国华电器有限公司; JD400-3, 电子分析天平、ESJ120-4 电子天平、JD200-3 电子天平, 沈阳龙腾电子有限公司; ESB-300, 均质机、QL-901 漩涡仪海门市其林贝尔仪器制造有限公司; RE-52AA 旋转蒸发器, 上海亚荣生化仪器厂; 721 型可见分光光度计, 上海光谱仪器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 海红果抗氧化物质提取

挑取无病害的海红果, 去核。参照 Gao 等^[6]方法并略作改进。取鲜样 20 g, 按照 1:3 (*m/V*) 比例加入甲醇-水 (4:1, *V/V*) 溶液 60 mL 后, 超声提取 20 min, 离心收集上清液, 重复提取三次, 合并上清液 45 °C 旋转蒸发, 色谱纯甲醇溶解定容至 25 mL, 置于-20 °C 冰箱中以待下一步分析。

1.3.2 总酚含量测定

总酚含量的测定采用福林酚法。125 μL 抗氧化提取物中加入 125 μL 福林酚试剂反应 6 min, 加入 1.25 mL Na₂CO₃ 溶液终止反应。加入 1 mL 蒸馏水静置 90 min 于波长 760 nm 测定吸光值。以没食子酸作为标准品。样品的总酚含量以每百克鲜样所含没食子酸的当量毫克数(mg galic acid eq./100 g FW)表示。

1.3.3 总黄酮含量测定

总黄酮含量采用比色法测定。125 μL 抗氧化提取物中加入 200 μL 5% NaNO₂ 溶液, 摇匀, 6 min 后加入 200 μL 10% Al(NO₃)₃ 溶液, 摇匀, 6 min 后加入 2 mL 4% NaOH 溶液, 加蒸馏水补齐至 5 mL。置于暗处 15 min 在波长 510 nm 处测定吸光值。以芦丁作为标准品, 样品的总黄酮含量以每百克鲜样所含芦丁的当量毫克数 (mg rutin eq./100 g FW) 表示。

1.3.4 抗氧化活性测定

抗氧化活性测定及酚类物质分析方法参照 Gao 等^[7]所述。

清除 DPPH· 自由基实验, 以 Trolox 为标准品, 有所改进后进行实验。抗氧化提取液与 DPPH 甲醇溶液反应 30 min, 波长 517 nm 处测定吸光值。样品清除 DPPH· 自由基能力以每百克鲜样所含 Trolox 的当量毫摩尔数表示 (mmol Trolox eq./100 g FW)。

总还原力测定。1 mL 抗氧化提取液, 加入 0.2 mol/L pH 6.6 的磷酸缓冲液和 1% 铁氰化钾溶液各 2 mL, 振荡后 50 °C 水浴反应 20 min 后, 再加入 2 mL 10% 三氯乙酸终止反应。振荡 1 min, 混匀。取此溶液 1 mL, 加入 1 mL 蒸馏水和 0.2 mL 0.1% 三氯化铁溶液, 混合均匀, 置于暗处 30 min, 在 700 nm 测定吸光值。以维生素 C 做为标准对照品, 总还原力以每百克鲜样所含维生素 C 当量的毫克数 (mg Vitamin C eq./100 g FW) 来表示。

清除 ABTS⁺· 自由基能力测定。抗氧化提取液与 ABTS⁺· 溶液 (5 mmol/L, pH 7.4) 振荡混匀, 30 s 后在波长 734 nm 处测定吸光值。以 Trolox 做为标准对照品。清除 ABTS 自由基能力以每百克鲜样所含 Trolox 当量毫摩尔数 (mmol Trolox eq./100 g FW) 表示。

1.3.5 酚类物质分析

HPLC 分析样品的制备: 20 g 样品加入 40 mL 乙酸乙酯, 超声提取 30 min, 4000 r/min 离心 10 min, 收集上清液, 重复提取三次。合并上清液, 35 °C 旋转蒸干。然后用甲醇溶解并定容至 5 mL, -20 °C 冰箱中保存备用。测试前用 0.45 μm 针头式过滤器过滤。

色谱条件: 色谱柱: Waters Symmetry C18 柱 (4.6 mm×150 mm, 5 μm), 紫外检测波长: 280 nm (主要), 320 nm (次要); 柱温: 30 °C, 进样量: 20 μL, 流速:

0.8 mL/min, 流动相 A: 甲醇, 流动相 B: 超纯水 (用磷酸调 pH 为 2.6)。梯度洗脱程序: 0 min 15% A, 85% B; 15~25 min 25% A, 75% B; 65 min 75% A, 25% B; 70 min 15% A, 85% B。

1.3.6 数据统计与分析

数据统计分析采用 DPS 数据处理系统, 所有样品进行 3 次重复, 结果以平均值±标准差(x±s)表示。

2 结果与讨论

2.1 海红果不同部位的总酚和总黄酮含量

海红果不同部位的总酚和总黄酮含量测定结果如表 1 所示。

由表 1 可以看出, 去核海红果总酚含量显著高于海红果肉和海红果皮, 海红果肉和果皮中总酚含量并无显著差异。去核海红果总酚含量与 Fu 等^[8]所测石榴总酚 (146.94±0.04 mg/100 g) 相当, 高于苹果、香蕉、柑橘、葡萄等常见水果, 低于其所测枣总酚 (585.52±18.59 mg/100 g), 研究表明与苹果果皮相

比, 苹果果肉所含类黄酮的种类要少得多^[9], Sannomar 等^[10]认为, 苹果在成熟过程中其果皮总酚含量高于果肉。去核海红果和海红果皮黄酮含量并无显著差异, 而海红果肉黄酮含量则显著高于海红果皮。

表 1 海红果不同部位的总酚和总黄酮含量

Table 1 TP and TF contents in different parts of *Malus micromalus Makino*

海红果部位	总酚含量/(mg galic acid q./100g FW)	黄酮含量/(mg rutin eq./100g FW)
去核海红果	160±5.03 ^a	54.45±1.52 ^a
海红果肉	129.27±4.45 ^b	49.85±4.57 ^a
海红果皮	106.98±20.49 ^b	32.05±3.80 ^b

注: 结果表示为三次测定的平均值±标准差; 不同的小写上表字母表示在 0.05 显著水平上差异显著。

2.2 海红果抗氧化能力的测定

表 2 所列海红果不同部位抗氧化能力测定结果, 表 3 为海红果总酚和总黄酮含量与抗氧化能力的相关性分析结果。

表 2 海红果不同部位抗氧化能力的测定

Table 2 Antioxidant ability of extracts from different parts of *Malus micromalus Makino*

海红果部位	总还原力/ (mg Vitamin C eq./100g FW)	清除 DPPH 自由基能力/ (mmol Trolox eq./100g FW)	清除 ABTS 自由基能力/ (μmol trolox eq/100g FW)
去核海红果	702.38±1.95 ^a	5.49±0.39 ^a	240.39±3.78 ^a
海红果肉	691.33±7.65 ^b	5.10±0.07 ^a	260.78±39.27 ^a
海红果皮	502.98±4.83 ^c	4.35±0.04 ^b	175.29±13.87 ^b

注: 结果表示为三次测定的平均值±标准差。不同的小写上表字母表示在 0.05 显著水平上差异显著。

表 3 海红果总酚和总黄酮含量与抗氧化能力的相关性分析

Table 3 Correlation analysis of TF and TP contents and antioxidant activity of *Malus micromalus Makino*

分析项目	总酚含量	总黄酮含量	总还原力	清除 DPPH·自由基能力	清除 ABTS·自由基能力
总酚含量	1				
总黄酮含量	0.760*	1			
总还原力	0.750*	0.954**	1		
清除 DPPH·自由基能力	0.831*	0.880**	0.888**	1	
清除 ABTS·自由基能力	0.521	0.739**	0.833**	0.657	1

注: 相关系数 R², *为 p<0.05, **为 p<0.01。

由表 2 可以看出, 海红果不同部位均表现出一定的抗氧化能力, 海红果肉的抗氧化能力强于海红果皮, 而且之间存在显著差异, 结合海红果总酚和总黄酮测定结果, 也暗示了总酚、总黄酮含量与抗氧化能力之间的关系。为进一步确定海红果不同部位提取液的总酚、总黄酮含量与海红果抗氧化能力的关系, 对各提取液的总酚、总黄酮含量和总抗氧化活性做相关性分析, 其相关系数和 p 值见表 3。由表 3 可以看出, 总

酚和总黄酮含量存在正相关关系, 但显著性较差 (R²=0.76; p<0.05), 表明海红果不同部位中总酚和总黄酮的组成成分存在一定差异, 这还有待于进一步深入研究。抗氧化指标总还原力和清除 DPPH·自由基能力、清除 ABTS·自由基能力之间存在显著正相关关系, 清除 DPPH·自由基能力和清除 ABTS·自由基能力亦之间并无显著正相关关系。清除 DPPH·自由基能力其原理是, 当有抗氧化剂存在时, 能够给

DPPH· 自由基提供原子和电子使其褪色, 故其抗氧化能力广泛但同时意味着所有还原剂都会对 DPPH· 起作用, 而总还原力是电子转移型测定方法, ABTS⁺· 自由基主要和具有供氢能力的抗氧化剂反应, 由此可以发现海红果具有较全面的抗氧化能力。总黄酮含量与三个抗氧化指标均存在显著正相关关系, 而

总酚含量与总还原力和清除 DPPH· 自由基能力两个抗氧化指标存在正相关关系, 表明黄酮类物质对抗氧化活性有较大贡献。

表 4 为海红果不同部位抗氧化相关指标综合评价结果, 各指标得分值=(样品含量/该指标最高含量)×100, 不同部位的综合得分为各指标得分的平均值。

表 4 海红果不同部位抗氧化指标综合评价得分

Table 4 Comprehensive evaluation scores of the antioxidant indices from different parts of *Malus micromalus Makino*

海红果部位	总还原力	清除 DPPH· 自由基能力	清除 ABTS ⁺ · 自由基能力	总酚含量	黄酮含量	综合评价得分
去核海红果	100.00	100.00	92.18	100.00	100.00	98.44
海红果肉	98.43	92.98	100.00	80.79	91.55	92.75
海红果皮	72.76	85.26	67.22	82.76	64.29	74.46

从上表可得, 去核海红果综合评价得分最高, 海红果肉次之, 说明去核海红果的抗氧化综合能力最强。

2.3 海红果中酚酸物质的种类及含量测定

表 5 海红果不同部位的酚类物质分布

Table 5 Polyphenols distribution in different parts of *Malus micromalus Makino*

酚类物质	海红果肉 ($\mu\text{g}/100\text{g}$)	海红果皮 ($\mu\text{g}/100\text{g}$)
没食子酸	94.18±5.02	266.39±9.38
原儿茶酸	4.62±0.69	nd
羟基苯 对羟基苯甲酸	9.55±0.23	nd
甲酸类 香草酸	144.67±8.10	82.51±3.22
丁香酸	25.55±0.10	23.39±2.83
鞣花酸	1.08±0.29	7.75±1.09
合计	274.80±22.20	323.21±15.02
咖啡酸	3.38±0.44	120.21±5.59
羟基肉 对香豆酸	0.50±0.04	0.69±0.04
桂酸类 阿魏酸	0.79±0.01	1.04±0.17
绿原酸	nd	237.40±10.22
肉桂酸	0.82±0.05	2.73±0.13
合计	5.10±0.48	182.41±17.27
黄烷-3- 儿茶素	16.06±0.11	nd
醇类 表儿茶素	222.06±7.34	nd
合计	230.09±18.69	nd
黄酮醇 芦丁	136.20±7.53	819.88±10.17
类 槲皮素	0.57±0.01	nd
合计	136.49±7.12	819.88±10.17
总计	646.49±38.59	1325.50±31.35

本试验采用 HPLC 法测定了 11 种酚酸 (包括 6 种羟基苯甲酸类酚酸: 没食子酸、原儿茶酸、对羟基苯甲酸、香草酸、丁香酸、鞣花酸; 5 种羟基肉桂酸

类酚酸: 咖啡酸、对香豆酸、阿魏酸、肉桂酸、绿原酸) 和 4 种类黄酮类化合物 (包括 2 种黄烷-3-醇类化合物: 儿茶素、表儿茶素和 2 种黄酮醇类化合物: 槲皮素和芦丁), 其结果如表 5 所示。

由表 5 可以看出, 海红果皮中检出酚类物质种类 (9 种) 少于海红果肉 (14 种), 但是其酚类物质总量却为海红果肉的 2.05 倍。前文研究发现果肉总酚含量高于果皮, 这可能与总酚测量方法有关, 福林酚试剂和酚类化合物的反应不具特异性, 它可被许多非酚类化合物 (如 Vc) 还原, 海红果富含 Vc 且海红果作为一种强抗逆性植物, 体内积累的其他抗氧化物质也可能对总酚含量造成干扰。

羟基苯甲酸类酚酸含量在海红果肉和海红果皮中均为最高, 且含量相当, 其中以香草酸和没食子酸为主, 海红果皮中黄酮醇类含量最高, 全部为芦丁含量, 黄烷-3-醇类的儿茶素和表儿茶素只在海红果肉中检出, 海红果皮中, 除黄烷-3-醇类外, 其他三种酚类物质含量均高于海红果肉。

在检出的酚类物质中, 海红果皮中的芦丁含量最高, 海红果肉中的表儿茶素含量最高。同时, 原儿茶酸、对羟基苯甲酸、儿茶素、表儿茶素、槲皮素为海红果肉所特有, 绿原酸则为海红果皮中特有的酚类物质。

海红果中不同部位的酚类物质含量略有不同, 果皮中的酚类物质以芦丁、没食子酸、绿原酸、咖啡酸、香草酸为主, 且芦丁含量明显高于其他酚类物质, 海红果果肉中虽然检出物质总数高于海红果皮, 但是含量较高的几种物质如表儿茶素、香草酸、芦丁和没食子酸的含量较为均匀, 二者相比较发现芦丁、香草酸、没食子酸等为海红果果肉和果皮中共有且相对含量较高的物质, 而对香豆酸含量在两个部位中均为最低。黄酮类化合物是一类重要的活性物质, 具有多种药理

活性,葛睿等^[1]研究海红果黄酮药理作用发现,海红果黄酮对实验性心肌缺血具有良好的保护作用,徐玉霞等^[2]研究表明红果黄酮粗提物对Hela细胞的增殖有较强抑制作用。

芦丁和绿原酸等类黄酮的积累是植物体对紫外照射的一种防御效应,具有保护细胞膜免受氧化损伤的潜能。芦丁是清除自由基的强氧化剂,在机体内起重要作用,在预防和治疗心脑血管疾病上有举足轻重的作用^[12]。此外,绿原酸是一种有效的酸性抗氧化剂,同时有较强的抑制突变能力^[13],海红果果皮中的绿原酸含量丰富,可以将海红果的开发深入到食品、保健、医药等多个领域,应用前景广泛。海红果肉有较多的没食子酸,没食子酸具有抗炎、抗氧化、抗自由基等多种生物学活性,研究表明其而没食子酸的毒性小,抗肿瘤的活性广,包括抑制肿瘤形成,细胞毒作用,促进肿瘤细胞凋亡,抑制肿瘤血管形成等作用^[14],前文所述经常食用海红果可以延年益寿可能与其多样的酚类物质有关。

3 结论

本试验表明海红果是一种多酚含量较高的水果,有一定的抗氧化功能,且海红果黄酮含量与海红果抗氧化能力存在极显著正相关关系,去核海红果的综合抗氧化能力要高于海红果果肉和果皮,为今后进一步研究开发新型海红果功能产品提供理论依据。通过HPLC法分析海红果果肉和果皮中的酚类物质发现,羟基苯甲酸类酚酸为海红果中主要的酚类物质,海红果皮中检出酚类物质种类少于海红果肉,但是其酚类物质总量却高于海红果肉。同时,海红果皮中的芦丁含量最高,海红果肉中的表儿茶素含量最高,原儿茶酸、对羟基苯甲酸、儿茶素、表儿茶素、槲皮素为海红果肉所特有,绿原酸则为海红果皮中特有的酚类物质。海红果中含有较丰富的芦丁、香草酸、没食子酸和绿原酸等酚酸物质,而且其他海红果黄酮活性研究也表明了海红果作为一种西部特色、新型功能性水果的巨大潜力,值得进一步探究开发。

参考文献

- [1] 赵福诗,赵丽芹.我国华北地区海红果生产现状及发展前景[J].内蒙古农业科技,2008,2:94-96
ZHAO Fu-shi, ZHAO Li-qin. Present Status and Prospect of the Fruit of *Malus Micromalus makino* Production in North China [J]. Inner Mongolia Agricultural Science and Technology, 2008, 2: 94-96
- [2] 徐玉霞,王华斌.酶法提取海红果总黄酮工艺及海红果黄酮粗提物对HeLa细胞的增殖作用[J].中国农业大学学报, 2013,1:119-127
XU Yu-xia, WANG Hua-bin. Effects of Extracting Technology of Total Flavonoids in *Malus Micromalus makino* by Enzymic Treatment and Its Flavonoid Crude Extract on Proliferation of Hela Cells in Vitro. [J]. Journal of China Agricultural University, 2013, 1: 119-127
- [3] 程正涛,丁庆波,张昊,等.海红果多酚提取工艺优化[J].食品科学,2010,24:172-176
CHENG Zheng-tao, DING Qing-bo, ZHANG Hao. Extraction Processing of Polyphenols from *Malus Micromalus makino* [J]. Food Science, 2010, 24: 172-176
- [4] 郝志鹏,马丽杰,吴敬,等.海红果多糖提取工艺及体外抗氧化活性研究[J].食品科学,2012,18:88-92
HAO Zhi-peng, MA Li-jie, WU Jing, et al. Extraction and in Vitro Antioxidant Activity of Polysaccharides from Dried Pulp of *Malus Micromalus makino* [J]. Food Science, 2012, 18: 88-92
- [5] 梁泰刚,刘恩荔,赵承孝,等.RP-HPLC同时测定山西地产海红果中4种黄酮成分的含量[J].中国中药杂志,2009,17: 2217-2219
LIANG Tai-gang, LIU En-li, ZHAO Cheng-xiao, et al. Simultaneous Determination of Four Flavonoids in *Malus Prunifolia* from Shanxi Province by RP-HPLC [J]. China Academic Journal Electronic Publishing House, 2009, 17: 2217-2219
- [6] Gao Q H, Wu P T, Liu J R, et al. Physico-chemical properties and antioxidant capacity of different jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) cultivars grown in loess plateau of China [J]. Scientia Horticulturae, 2011, 130(1): 67-72
- [7] Gao Q H, Wu C S, Yu J G. Textural Characteristic, Antioxidant Activity, Sugar, Organic Acid, and Phenolic Profiles of 10 Promising Jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) Selections [J]. Journal of Food Science, 2012, 77(11): C1218-C1225
- [8] Fu L, Xu B T, Xu X R, et al. Antioxidant Capacities and Total Phenolic Contents of 62 Fruits [J]. Food Chemistry, 2011, 129(2): 345-350
- [9] 聂继云,吕德国,李静.苹果果实中类黄酮化合物的研究进展[J].园艺学报,2009,9:1390-1397
Nie Ji-yun, Lv De-guo, Li Jing. Advances in Studies on Flavonoids in Apple Fruit [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2009, 9: 1390-1397
- [10] Sannomaru Y, Katayama O, Kashimura Y, et al. Changes in Polyphenol Content and Polyphenoloxidase Activity of Apple

- Fruits During Ripening Process [J]. Journal of The Japanese Society for Food Science and Technology-nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi, 1998, 45(1): 37-43
- [11] 葛睿,李青山,赵亮.海红果黄酮对垂体后叶素致急性心肌缺血的保护作用[J].山西医药杂志,2007,4:301-303
- Ge Rui, Li Qing-shan, Zhao Liang. The Protective Effects of Haihongguo Flavonoids on The Injury Myocardial Ischemia Induced by Pituitrin [J]. Shanxi Med J, 2007, 4: 301-303
- [12] Benavente-Garcia O, Castillo J. Update on Uses and Properties of Citrus Flavonoids: New Findings in Anticancer, Cardiovascular, and Anti-inflammatory Activity [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2008, 56(15): 6185-6205
- [13] Lin M, Gong W, Chen Q, et al. Evaluation of The Potential Sensitization of Chlorogenic Acid: A Meta-analysis. [J]. Evidence-based Complementary and Alternative Medicine : eCAM, 2013
- [14] Locatelli C, Filippin-Monteiro F B, Creczynski-Pasa T B. Alkyl Esters of Gallic Acid as Anticancer Agents: A Review [J]. Eur J Med Chem, 2013, 60: 233-239

现代食品科技