

葡萄不同品种和组织中白藜芦醇含量 及其抗氧化活性分析

The analysis of resveratrol contents and their antioxidant activity in
different varieties and tissues of grapes

陈梦微 邓群仙 张金容 吕秀兰 夏惠 王进

CHEN Meng-wei DENG Qun-xian ZHANG Jin-rong LU Xiu-lan XIA Hui WANG Jin

(四川农业大学园艺学院, 四川 成都 611130)

(College of Horticulture, Sichuan Agricultural University, Chengdu, Sichuan 611130, China)

摘要:以 6 个品种 3 种色系葡萄的果梗、果皮及部分品种的葡萄籽为材料,采用有机溶剂法提取不同品种葡萄的果梗、果皮和种籽中的白藜芦醇,利用 HPLC 测定提取液中白藜芦醇的含量,并分析了白藜芦醇对 DPPH 自由基和羟自由基的清除能力。结果表明,葡萄不同品种和组织间白藜芦醇含量差异显著,整体表现为果梗>果皮>种籽,果皮紫黑色品种>红色>黄绿色;金田 0608 和夏黑果梗白藜芦醇含量较高(22.4~22.6 $\mu\text{g/g}$),阳光玫瑰和白罗莎里奥果梗白藜芦醇含量很低(1.2~1.8 $\mu\text{g/g}$)。除葡萄籽白藜芦醇含量与 DPPH 自由基清除率呈显著正相关外,其它组织白藜芦醇含量与自由清除率无显著相关性。金田 0608 和夏黑果梗、果皮白藜芦醇提取液清除 DPPH 自由基和羟自由基的能力较强。

关键词:葡萄;白藜芦醇;抗氧化活性

Abstract: The stems, skin and some varieties of grape seeds from six varieties classified as three kinds of color grape were used to extract the resveratrol by organic solvent and then detected its content by HPLC. Moreover, the effect of resveratrol on DPPH radical and hydroxyl radical scavenging ability were also studied. The results showed that the resveratrol content in different grape varieties and tissue distributed differently, and the volume decreased in fruit stem, skin, and pip orderly. Furthermore, it was also found that the resveratrol content in the varieties of purple-black was the highest in the fruit skin, but it was the lowest in the varieties of yellow-green. The resveratrol content in stem of 'Jintian 0608' and 'Summer

Black' was higher (22.4~22.6 $\mu\text{g/g}$), but it was very low (1.2~1.8 $\mu\text{g/g}$), in those of 'Sunshine Rose' and 'White Rosario' stems. It was confirmed that the resveratrol content in grape pip was significantly positively related to DPPH free radical clearance, however no significant correlation was found between the content of other tissues and this clearance. Finally, the resveratrol extracts from the fruit stem and skin of 'Jintian 0608' and 'Summer Black' were found showing stronger ability in cleaning both DPPH and hydroxyl radicals than those of the other tissues.

Keywords: grape; resveratrol; antioxidant activity

白藜芦醇(resveratrol, Res)是 1940 年在毛叶藜芦根部首次发现的,是一种含有芪类结构的非黄酮类多酚化合物,主要存在于葡萄、花生、桑树、虎杖等 21 个科、31 个属的 72 种植物中^[1-2]。Res 是植物受到外界刺激产生的次生代谢物^[3],被认为是芪类物质单体中最重要的生物活性物质^[4-5]。近年来的研究表明,Res 具有一定的抗氧化和抗肿瘤活性^[6],能诱导癌细胞凋亡^[7]、抗多种肠道病毒^[8]、预防老年痴呆症^[9],并具有免疫调节作用^[10]。

葡萄和葡萄产品被认为是人类食品中 Res 的最重要来源^[11]。葡萄不同品种、不同组织中 Res 的含量及其抗氧化活性存在差异。陈雷等^[12]用 HPLC 法测定葡萄不同部位中 Res 的含量,发现其含量差异较大,葡萄果穗轴和果皮中的含量较高;孟宪军等^[13]以野生山葡萄的皮、籽为原料,通过有机溶剂的提取,测得皮、籽中 Res 含量为 0.159,0.036 mg/g;李婷等^[14]采用有机溶剂法提取材料中的 Res,结果表明不同葡萄品种以及不同组织之间 Res 含量差异较大,并且果梗、叶片>果皮>种籽>叶柄;孙崇德等^[15]研究发现,红皮葡萄果实生物活性物质水平和抗氧化活性均高于白皮葡萄;冯涛等^[16]发现 Res 对 DPPH· 的清除率随着其浓度的增大而提高;刘林丽等^[17]研究也表明,在一定浓度范围内,Res 的抗氧

基金项目:四川省科技厅应用基础项目(编号:2012JY0046);四川省科技厅农业科技成果转化资金项目;四川省教育厅科技成果转化重大培育项目

作者简介:陈梦微,女,四川农业大学在读硕士研究生。

通信作者:邓群仙(1968—),女,四川农业大学教授,博士。

E-mail:1324856299@qq.com

收稿日期:2016-11-15

化能力随着浓度的增加而加强。

避雨栽培现已成为中国南方夏季高温多雨寡日照地区葡萄栽培的主要方式,对该模式下不同色泽葡萄品种果实的不同组织中白藜芦醇合成积累及其抗氧化活性分析鲜有报道。本试验拟以四川盆地避雨栽培下6个品种3种色系葡萄的果梗、果皮及有籽葡萄品种的葡萄籽为材料,采用有机溶剂法提取Res并测定其含量,综合Res提取液对DPPH·和·OH的清除率来评价其抗氧化活性,旨在筛选出四川盆地鲜食葡萄中Res含量高与具有优良抗氧化活性的品种,为葡萄资源的进一步开发和利用提供理论依据。

1 材料与amp;方法

1.1 试验材料

试材取自四川省彭山区观音镇果园村同一葡萄园内的6个鲜食葡萄品种。其中,黄绿色系品种为3年生的阳光玫瑰(中熟、欧美杂交种、有籽品种进行了无籽化处理)、3年生白罗莎里奥(晚熟、欧亚种、有籽);红色系:5年生克瑞森(晚熟、欧亚种、无籽)、7年生红地球(中晚熟、欧亚种、有籽);紫黑色系:5年生夏黑(早熟、欧美杂交种、无籽)、5年生金田0608(晚熟、欧亚种、有籽)。供试品种均采用“地膜+天膜”双膜覆盖避雨栽培。

1.2 采样与处理

于果实成熟期分别从不同品种果穗的果顶、果肩、果中、果底均匀采样,选择着色好、果粒均匀、无裂果的果实200颗,每个处理3株,3次重复。采后立即用冰盒带回实验室,于室内分离果梗、果皮和葡萄籽。干样制备参照文献[18]并稍作修改:样品放在恒温烘箱内(60℃)烘36h,粉碎,过60目筛后分装,用锡箔纸包装放于-20℃备用。

1.3 试验仪器与试剂

超声波清洗器:KH5200DE型,昆山禾创超声仪器有限公司;

高效液相色谱仪:Agilent 1260型,美国安捷伦科技公司;

紫外分光光度计:UV-1800型,上海美谱达仪器有限公司;

电子天平:Sartorius SA G型,北京赛多利斯公司;

白藜芦醇标准品:HPLC级,美国Sigma公司;

甲醇:色谱纯,天津市科密欧化学试剂有限公司;

乙腈:色谱纯,天津市科密欧化学试剂有限公司;

DPPH:分析纯,美国Sigma公司;

其他试剂:国产分析纯。

1.4 试验方法

1.4.1 Res的提取与含量测定 参照文献[19]采用有机溶剂法提取样品中Res,HPLC法测定Res含量。

(1) 色谱条件:色谱柱为Hypersil C₁₈(4.6 mm×250 mm,5 μm);流动相中A液为水,B液为乙腈;梯度洗脱;洗脱方法为:起始时,A液为85%,B液为15%,5 min后,A液为76%,B液为24%,至33 min时,A液为60%,B液为40%;流速为1.0 mL/min;柱温为30℃;检测波长为306 nm。

(2) Res标准曲线的绘制:准确称取Res标准品5.0 mg,用甲醇溶解并定容至25 mL,配成质量浓度为0.2 mg/mL的标准品储备液,准确吸取该储备液1 mL,稀释成20 μg/mL对照品溶液。准确吸取上述对照品溶液,分别以5,10,15,20,25 μL的不同体积进样,标记Res保留时间,测定其峰面积,制作标准图谱。

(3) Res提取液的配制:准确称取6个葡萄品种粉碎过筛后的果梗、果皮、果籽粉末各1 g,置于具塞三角瓶中,加40%的乙醇,在60℃下水浴浸提60 min。取出经过滤、减压蒸馏后回收乙醇,浓缩后转移至分液漏斗中,按1:1加入乙酸乙酯液萃取3次,收集并合并上层有机相。在旋转蒸发仪上,回收乙酸乙酯,残留物用甲醇溶解并定容至5 mL。将上述溶液用微孔滤膜(φ=0.45 μm)过滤,得样品提取液。因Res对光敏感,提取过程中需避光。

1.4.2 Res抗氧化活性的测定

(1) DPPH自由基的清除能力:根据文献[17]检测Res提取液对DPPH·的清除能力。每个处理做3个平行样,按式(1)计算其清除率。

$$C = \frac{A_0 - A_i}{A_0} \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

C——清除率,%;

A₀——1.0 mL无水乙醇加3.0 mL DPPH溶液的吸光度;

A_i——1.0 mL待测液加3.0 mL DPPH溶液的吸光度。

(2) 羟自由基(·OH)的清除能力:参照文献[20]检测Res提取液对·OH的清除能力。每个处理做3个平行样,按式(2)计算其清除率。

$$C = \left(1 - \frac{A_x - A_{x_0}}{A_0}\right) \times 100\%, \quad (2)$$

式中:

C——清除率,%;

A₀——空白对照液的吸光度;

A_x——加入待测溶液后的吸光度;

A_{x₀}——不加显色剂H₂O₂的细胞破碎液本底吸光度。

1.5 数据处理方法

试验数据用Microsoft Excel 2010及SPSS 17.0软件处理,进行差异显著性分析,数据以平均值±s表示。

2 结果与分析

2.1 Res标准曲线绘制

Res标准品的色谱图见图1,标准样品的保留时间10.6 min,以标准样品的进样量(μg)为横坐标,对应的峰面积为纵坐标,绘制标准曲线。如图2所示,Res标准曲线方程为:y=16 914x-69.601(r²=0.999 83),Res在0.1~0.5 μg的范围内呈现良好的线性关系。

2.2 葡萄不同品种和组织中Res含量差异

葡萄不同品种和组织Res含量存在极显著差异。由表1可知,供试6个品种中均表现出果梗中Res含量高于果皮和

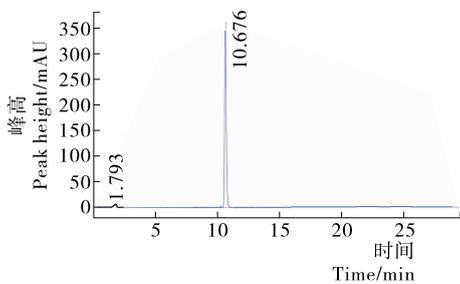


图 1 白藜芦醇标准品色谱图

Figure 1 Chromatogram of resveratrol standard

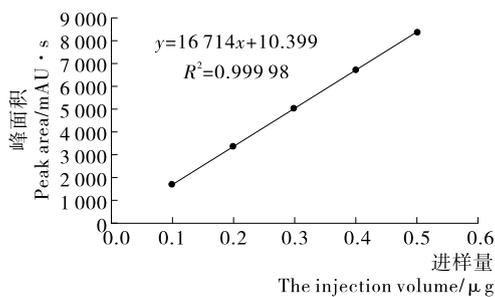


图 2 白藜芦醇的标准曲线

Figure 2 The standard curve of resveratrol

种籽,果梗 Res 含量高于果皮 2.00~11.26 倍。在有籽葡萄品种中,种籽的 Res 含量很低,仅为 0.52~2.05 $\mu\text{g/g}$,是同一品种果梗 Res 含量的 6.4%~7.2%。

不同品种同一组织中 Res 含量差异显著。果皮紫黑色的金田 0608 和夏黑及红色的克瑞森果梗中 Res 含量都较高,比黄绿色的白罗莎里奥和阳光玫瑰高了 11.32~18.48 倍。

果皮 Res 含量以夏黑最高,金田 0608 次之,白罗莎里奥最低,仅为夏黑果皮的 10.7%、金田 0608 果皮的 15.9%。总体呈现紫黑色品种果皮 Res 含量>红色品种>黄绿色品种的规律,表明葡萄果皮着色越深,其 Res 含量越高。

葡萄品种不同以及组织部位不同,使得葡萄中 Res 含量存在差异,其生物活性也不同。Okuda 等^[21]对葡萄果皮 Res 含量的分析表明,不同品种果皮中含量差异较大,其含量为 0.5~14.1 $\mu\text{g/g}$ 。孙崇德等^[15]检测的 5 个品种葡萄果皮 Res 含量为 0.57~6.31 $\mu\text{g/g}$ 。本试验进一步证明了不同品种中 Res 含量差异较大,供试 6 个品种果梗、果皮、种籽 Res 含量分别为 1.22~22.55,0.61~5.68,0.52~2.05 $\mu\text{g/g}$ 。

本试验中,葡萄果梗和果皮 Res 含量总体呈现紫黑色品种>红色品种>黄绿色品种的规律,表明葡萄果皮着色越深,其 Res 含量越高,这与前人研究结果一致。孙崇德等^[15]检验的 5 个葡萄品种中,果皮颜色最深的玫瑰红,其果皮 Res 含量为 6.31 $\mu\text{g/g}$,显著高于其它 4 个品种。Okuda 等^[21]研究表明,红葡萄酒 Res 的平均含量是白葡萄酒的 6 倍。同一色系不同品种葡萄皮中 Res 含量表现出晚熟品种低于早熟、中熟或中晚熟品种,可能是 Res 在果实成熟期合成能力下降,并且较长的生长周期使 Res 降解所导致的。李阿英等^[22]的研究表明葡萄皮 Res 的含量随着葡萄的成熟和着色而降低,并且在着色深的葡萄皮中下降快。在有籽葡萄中,

晚熟黄绿色品种白罗莎里奥葡萄籽 Res 含量显著高于金田 0608 和红地球,表明葡萄籽中 Res 含量可能不受果实成熟和着色的影响。

本试验结果表明,同一葡萄品种不同组织中 Res 含量的分布规律为:果梗>果皮>种籽,这与李婷婷等^[14]研究表明葡萄果梗、叶片>果皮>种籽>叶柄的结果一致。孟宪军等^[13]研究发现野生山葡萄果皮中 Res 含量为 0.159 mg/g ,而种籽中含量仅为 0.036 mg/g 。而陈雷等^[12]的研究结果表明葡萄果梗轴 Res 含量高于果皮和种籽,三者中种籽含量最低;李阿英等^[22]研究发现葡萄果皮中 Res 的含量最高,其次是种籽,果梗中的含量最低。这些研究结果的差异可能由试验原料的种类、品种、生态环境以及果实发育时期不同所导致的。李阿英等^[22]还发现,在葡萄整个生长发育过程中,果皮和种籽中 Res 含量均呈先增加后下降的趋势。所以,即使是同一品种的葡萄,不同的测定时期,各组织中 Res 含量也可能存在差异。

表 1 葡萄不同品种和组织中白藜芦醇的含量[†]Table 1 Contents of resveratrol in different varieties and tissues of grapes $\mu\text{g/g}$

品种	果皮色泽	果梗	果皮	葡萄籽
阳光玫瑰	黄绿色	1.77±0.01 ^{eE}	0.91±0.00 ^{eE}	—
白罗莎里奥	黄绿色	1.22±0.01 ^{fF}	0.61±0.01 ^{fF}	2.05±0.00 ^{aA}
克瑞森	红色	20.04±0.06 ^{cC}	1.78±0.01 ^{dD}	—
红地球	红色	8.11±0.01 ^{dD}	2.52±0.01 ^{cC}	0.52±0.00 ^{cC}
夏黑	紫黑色	22.36±0.00 ^{bB}	5.68±0.01 ^{aA}	—
金田 0608	紫黑色	22.55±0.03 ^{aA}	3.84±0.00 ^{bB}	1.64±0.00 ^{bB}

[†] 同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著,不同大写字母表示在 0.01 水平差异显著。

2.3 葡萄不同品种和组织中 Res 提取液对自由基的清除能力比较

2.3.1 果梗 Res 提取液对 DPPH· 和 ·OH 的清除能力

由表 2 可知,6 个品种果梗 Res 提取液对 DPPH· 的清除率均在 86% 以上,明显高于对 ·OH 的清除率(41%~51%)。供试 3 种果皮色泽 6 个品种间,果梗 Res 提取液对 DPPH· 和 ·OH 两种自由基的清除能力存在一定的差异;果梗 Res 提取液清除 ·OH 能力总体表现出紫黑色>红色>黄绿色品种;阳光玫瑰果梗 Res 提取液对 DPPH· 的清除能力最大,是其它品种的 1.02~1.03 倍;但对 ·OH 的清除率最小,为其它品种的 80.2%~94.1%。

2.3.2 果皮 Res 提取液对 DPPH· 和 ·OH 的清除能力

由表 3 可知,果皮 Res 提取液对 DPPH· 和 ·OH 清除能力各品种间差异显著。金田 0608 果皮 Res 提取液清除 DPPH· 和 ·OH 能力最高,均极显著高于其它品种,分别为其它品种的 1.14~3.20 倍和 1.31~1.52 倍,其次分别是夏黑和阳光玫瑰,白罗莎里奥果皮 Res 提取液清除 DPPH· 能力最低,仅为 27.48%。同时,同一品种果皮 Res 提取液对 DPPH· 清除率总体上低于果梗,而对 ·OH 清除率均高于果梗。

表2 葡萄不同品种果梗白藜芦醇提取液对
自由基的清除能力[†]

Table 2 The cleaning radicals activity of resveratrol in
fruit stem of different varieties of grapes %

品种	果皮色泽	DPPH·清除率	·OH清除率
阳光玫瑰	黄绿色	89.47±0.07 ^{aA}	41.01±1.04 ^{bC}
白罗莎里奥	黄绿色	87.86±0.14 ^{bB}	47.86±3.73 ^{aB}
克瑞森	红色	86.47±0.28 ^{cC}	43.57±2.07 ^{bBC}
红地球	红色	87.87±0.14 ^{bB}	49.31±0.62 ^{aA}
夏黑	紫黑色	87.82±0.08 ^{bB}	50.44±0.21 ^{aA}
金田0608	紫黑色	87.73±0.14 ^{bB}	51.11±0.35 ^{aA}

† 同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著,不同大写字母表示在 0.01 水平差异显著。

表3 葡萄不同品种果皮白藜芦醇提取液对
自由基的清除能力[†]

Table 3 The cleaning radicals activity of resveratrol
in fruit skin of different varieties of grapes %

品种	果皮色泽	DPPH·清除率	·OH清除率
阳光玫瑰	黄绿色	68.62±1.40 ^{cC}	60.86±1.38 ^{bB}
白罗莎里奥	黄绿色	27.48±1.81 ^{eE}	59.75±3.60 ^{bCB}
克瑞森	红色	45.33±1.26 ^{dD}	52.56±2.35 ^{cB}
红地球	红色	45.89±0.84 ^{dD}	57.54±5.67 ^{bCB}
夏黑	紫黑色	77.34±0.35 ^{bB}	53.11±2.35 ^{cB}
金田0608	紫黑色	87.94±0.07 ^{aA}	79.81±5.26 ^{aA}

† 同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著,不同大写字母表示在 0.01 水平差异显著。

2.3.3 葡萄籽 Res 提取液对 DPPH· 和 ·OH 的清除能力

对于有籽葡萄品种,与果梗 Res 提取液清除自由基能力规律相同,葡萄籽 Res 提取液对 DPPH· 的清除率均明显高于对 ·OH 的清除率,品种间对 DPPH· 和 ·OH 两种自由基清除能力差异不大,分别为 86.82%~88.15%,25.73%~45.78%(表 4)。供试 3 种果皮色泽的 3 个品种中,葡萄籽 Res 提取液清除 ·OH 能力总体表现出紫黑色<红色<黄绿色品种,呈现出与果梗相反的规律;白罗莎里奥对 DPPH· 和 ·OH 清除率均最高。

2.4 葡萄组织 Res 含量与清除 DPPH· 和 ·OH 能力的相关性分析

由表 5 可知,DPPH·清除率与葡萄果梗白藜芦醇含量

表4 葡萄不同品种葡萄籽白藜芦醇提取液对
自由基的清除能力[†]

Table 4 The cleaning radicals activity of resveratrol in
grape pip of different varieties of grapes %

品种	果皮色泽	DPPH·清除率	·OH清除率
白罗莎里奥	黄绿色	88.15±0.00 ^{aA}	45.78±3.32 ^{aA}
红地球	红色	86.82±0.35 ^{bB}	27.45±2.42 ^{bB}
金田0608	紫黑色	87.73±0.14 ^{aA}	25.73±1.38 ^{bB}

† 同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著,不同大写字母表示在 0.01 水平差异显著。

表5 葡萄不同组织白藜芦醇含量与清除自由基能力
的相关性分析[†]

Table 5 Correlation analysis between contents and the cleaning
radicals activity of resveratrol in different tissue
of grapes

指标	DPPH·清除率	·OH清除率
果梗 Res 含量	-0.609 3	0.454 2
果皮 Res 含量	0.497 2	0.476 2
葡萄籽 Res 含量	0.998 6*	0.650 3

† *表示在 0.05 水平显著相关。

表现出负相关,与果皮和葡萄籽 Res 含量表现出正相关;羟自由基清除率与葡萄果梗、果皮、葡萄籽白藜芦醇含量同样表现出正相关,但仅有葡萄籽 Res 含量与清除 DPPH·能力间的相关性达到显著水平。

葡萄不同品种和组织中 Res 的抗氧化活性不同。前人研究结果表明,Res 具有较高的抗氧化活性。刘林丽等^[17]发现较低浓度的 Res 对 DPPH· 就有较高的清除率,冯涛等^[16]发现葡萄籽 Res 对 DPPH· 的清除率随着浓度的增加而提高,本试验中除了葡萄籽 Res 含量与其对 DPPH· 清除率存在显著正相关性外,果梗和果皮中 Res 含量与其对应的自由基清除能力均无显著相关性。葡萄组织中尤其是黄绿色葡萄品种常含有脂溶性类胡萝卜素如 β -胡萝卜素和叶黄素,这些物质同样具有较强的清除自由基能力^[23]。本试验在采用 HPLC 法测定 Res 含量时,发现色谱图中除了 Res 标准峰外,还出现了多个大小不一的峰,推测供试葡萄品种不同组织乙醇提取液中除了含有 Res 外,还含有同为脂溶性的类胡萝卜素。因此,尽管黄绿色品种阳光玫瑰、白罗莎里奥果梗、果皮及种籽(白罗莎里奥)以及其他品种的果皮、种籽中 Res 含量不高,但其乙醇提取液却具有较高的 DPPH· 和 ·OH 清除率,可能与其组织中除含有 Res 活性物质外还含有丰富的类胡萝卜素有关。此外,也有研究^[20]表明,葡萄籽总酚含量、总黄酮含量、总黄酮醇含量与其 DPPH· 清除率无显著相关性。

3 结论

本试验以 3 种色系 6 个品种葡萄为材料,利用 HPLC 测定了不同葡萄品种的不同组织中白藜芦醇含量,并分析了白藜芦醇对 DPPH· 和 ·OH 的清除能力。研究得出葡萄果梗白藜芦醇含量最高,其次分别为果皮、种籽;紫黑色品种果皮白藜芦醇含量高于红色品种和黄绿色品种;金田 0608 和夏黑果梗、果皮白藜芦醇提取液清除 DPPH· 和 ·OH 的能力较强;除葡萄籽外,其它组织白藜芦醇含量与自由基清除率无显著相关性。

葡萄不同品种和组织 Res 含量的不同,为葡萄果实的鲜食和深加工利用提供了理论依据。葡萄采收后舍弃的部位,如 Res 含量较高的果梗和果皮,可用作提取材料,从而充分利用资源,并且能提高提取效率。葡萄不同品种及组织中生理活性物质及其抗氧化活性,除研究报道最多的 Res 外,类胡萝卜素的组分、含量及其抗氧化分析有待进一步研究。

参考文献

- [1] 陈波, 俞惠新, 谭成, 等. 白藜芦醇及其衍生物抗氧化抗肿瘤活性研究[J]. 食品与机械, 2007, 23(4): 52-55.
- [2] 刘婷, 欧阳梦云, 王燕, 等. 刺葡萄酒渣中白藜芦醇的超声辅助提取工艺优化[J]. 食品与机械, 2014, 30(6): 160-164.
- [3] CANTOS E, ESPÍN J C, FERNÁNDEZ M J, et al. Postharvest UV-C irradiated grapes as a potential source for producing stilbene-enriched red wines [J]. *Journal of Agricultural & Food Chemistry*, 2003, 51(5): 1 208-1 214.
- [4] 于晶, 任朝阳, 苍晶. 次生代谢物白藜芦醇研究概述[J]. 中国农学通报, 2005, 21(7): 104-107, 280.
- [5] 韩晶晶, 刘炜, 毕玉平. 白藜芦醇的研究进展[J]. 生物工程学报, 2008, 24(11): 1 851-1 859.
- [6] 陈波, 俞惠新, 谭成, 等. 白藜芦醇及其衍生物抗氧化抗肿瘤活性研究[J]. 食品与机械, 2007, 23(4): 52-55.
- [7] SCHUSTER S, PENKE M, GORSKI T, et al. Resveratrol differentially regulates NAMPT and SIRT1 in hepatocarcinoma cells and primary human hepatocytes [J]. *Cancer & Metabolism*, 2014, 9(3): e91045.
- [8] 王玉涛, 招穗珊, 关文达, 等. 白藜芦醇对常见肠道病毒抑制作用的试验研究[J]. 新中医, 2015, 47(2): 222-224.
- [9] PASINETTI G M, WANG Jun, HO L, et al. Roles of resveratrol and other grape-derived polyphenols in Alzheimer's disease prevention and treatment [J]. *Biochimica ET Biophysica Acta*, 2014, 1 852(6): 1 202-1 208.
- [10] 郇海燕, 于震宇, 陈杭君, 等. 白藜芦醇功能和作用机理研究进展[J]. 中国食品学报, 2006, 6(1): 411-416.
- [11] 李晓东, 何卿, 郑先波, 等. 葡萄白藜芦醇研究进展[J]. 园艺学报, 2011, 38(1): 171-184.
- [12] 陈雷, 韩雅珊. 葡萄不同品种和组织白藜芦醇含量的差异[J]. 园艺学报, 1999, 26(2): 50-51.
- [13] 孟宪军, 杜彬. 野生山葡萄皮、籽中白藜芦醇的含量测定[J]. 食品科技, 2006, 31(2): 96-99.
- [14] 李婷, 李胜, 张青松, 等. 葡萄不同组织部位白藜芦醇含量的比较[J]. 甘肃农业大学学报, 2009, 44(2): 64-67.
- [15] 孙崇德, 徐昌杰, 李鲜, 等. 5 个葡萄品种果实生物活性物质的检测与抗氧化活性评价[J]. 果树学报, 2008, 25(5): 635-639.
- [16] 冯涛, 董凌杰, 杜宁. 葡萄籽白藜芦醇的纯化及体外抗氧化功能的研究[J]. 食品工业, 2010(2): 1-3.
- [17] 刘林丽, 王跃进. 华东野生葡萄果皮中白藜芦醇的提取及其抗氧化活性分析[J]. 中国食品学报, 2011, 11(7): 185-189.
- [18] 阳梅芳. 柚子黄酮类物质提取、分离及生物特性研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2013: 24.
- [19] 毛俊霞. 葡萄叶中白藜芦醇的提取和分离纯化研究[D]. 西安: 陕西师范大学, 2013: 19-20.
- [20] 刘金串, 孟江飞, 郭志君, 等. 膨大处理对红地球葡萄酚类物质及抗氧化活性的影响[J]. 食品科学, 2012, 33(5): 7-12.
- [21] OKUDA T, YOKOTSUKA K. Trans-resveratrol concentration in berry skins and wines from grapes grown in Japan [J]. *American Journal of Enology & Viticulture*, 1996, 47(1): 93-99.
- [22] 李阿英, 王西成, 刘丹, 等. 4 个鲜食葡萄品种生长发育过程中各器官白藜芦醇含量的变化[J]. 果树学报, 2014, 31(6): 1 079-1 085, 1 199.
- [23] 张上隆, 陈昆松. 果实品质形成与调控的分子生理[M]. 北京: 中国农业出版社, 2007: 113-118.
- [23] 焦士蓉, 郑贵菊. 柚皮黄酮类物质的微波辅助提取及其抗氧化活性研究[J]. 食品与机械, 2007, 23(1): 73-75.
- [24] 张禄捷, 李荣, 姜子涛. 茼蒿叶中总黄酮的提取纯化及抗氧化活性分析[J]. 食品科学, 2015, 36(24): 40-45.
- [25] 刘军海. 微波辅助提取花椒叶黄酮及其抗氧化活性研究[J]. 中国调味品, 2015(7): 16-20.
- [26] HE Qing-feng, LI Yan-jie, ZHANG Ping-ping, et al. Optimization of microwave-assisted extraction of flavonoids and phenolics from celery (*Apium graveolens* L.) leaves by response surface methodology[J]. *Food Technology and Economy*, 2016, 34(4): 341-349.
- [27] 喻俊, 王涛, 贾春红, 等. 响应面优化牛蒡子多糖的提取及其抗氧化活性研究[J]. 食品与发酵工业, 2015, 41(6): 207-212.
- [28] ALAM M N, BRISTI N J, RAFIQUZZAMAN M. Review on in vivo and in vitro methods evaluation of antioxidant activity [J]. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 2013, 21(2): 143-152.
- [29] LIN C L, WANG C C, CHANG S C, et al. Antioxidative activity of polysaccharide fractions isolated from *Lycium barbarum* Linnaeus [J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2009, 45(2): 146-151.
- [30] 牛欣欣, 何强, 赵志峰, 等. 红花椒果实抗氧化活性研究[J]. 中国调味品, 2015(1): 4-8.

(上接第 142 页)

- [14] WANG Chang-lu, LI Zhen-jing, LI Feng-juan, et al. Optimization of Microwave Assisted Extraction Conditions for Total Flavonoids in *Toona Sinensis* Leaves Using Response Surface Methodology[J]. *International Journal of Food Engineering*, 2012, 8(4): 295-300.
- [15] 王玮, 李苑新. 提取新技术用于黄酮类化合物的研究进展[J]. 中国药房, 2014(31): 2 958-2 960.
- [16] 朱玲玲, 张广文, 杨婷婷, 等. 微波提取白鹃梅黄酮类物质及其抗氧化活性研究[J]. 食品工业科技, 2015, 36(23): 239-244.
- [17] 彭飞, 杨越冬, 程才红, 等. 安梨总黄酮微波辅助提取工艺的优化及其成分初步分析[J]. 食品科技, 2015(11): 196-203.
- [18] 吴亮亮, 石雪萍, 张卫明. 花椒总黄酮提取技术研究及黄酮成分分析[J]. 食品研究与开发, 2011(2): 16-20.
- [19] 邢利沙, 陈海霞, 王佳, 等. 大蒜不同极性萃取物的体外抗氧化活性[J]. 食品与发酵工业, 2015, 41(4): 219-222.
- [20] 张宇思, 龚祝南, 石雪萍. 花椒总黄酮的抗氧化作用[J]. 食品科学, 2011(15): 70-73.
- [21] 徐林, 蒲彪, 蒋燕, 等. 藤椒水提液的体外抗氧化能力[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(2): 140-143.
- [22] 张曦, 吴道宏, 何芳. 花椒总黄酮的提取工艺条件研究[J]. 应用化工, 2012, 41(1): 96-98.