

葡萄果实发育过程中白藜芦醇衍生物的诱导合成

王琴飞^{1,2} 王 蕾² 李景明² 潘秋红² 黄绵佳^{1*}

1 海南大学园艺园林学院 海南 儋州 571737

2 中国农业大学食品科学与营养工程学院 北京 100083

摘 要 采用高效液相色谱(HPLC)直接进样、梯度洗脱的分析方法,对酿酒葡萄品种赤霞珠(*Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon)果实发育过程中 5 种主要芪化物的紫外(UV)诱导性合成进行研究。结果表明,葡萄果实 在生长发育过程中,白藜芦醇(Resveratrol)和白藜芦醇的 2 种二聚体(ϵ -viniferin 和 δ -viniferin)呈上升趋势;经紫 外诱导后,白藜芦醇、白藜芦醇糖苷(Piceid)、白藜芦醇二聚体都大量积累,白藜芦醇、白藜芦醇二聚体在葡萄 花后 50 d 为积累的最高峰,且变化趋势基本一致,白藜芦醇糖苷的含量变化与白藜芦醇、白藜芦醇二聚体均呈 现负相关。实验样品中均未检测到紫穗苳(Pterostilbene)。

关键词 白藜芦醇 葡萄素 白藜芦醇糖苷 高效液相色谱 葡萄 紫外处理

中图分类号

白藜芦醇(Resveratrol, 3,4',5-三羟基二苯乙烯)最初是作为一种植物抗毒素被发现的^[1],之后的研究结 果表明,它具有重要的生物活性,特别是 1997 年 Jang 等首次报道了 Res 的抑癌功效后^[2],带动了葡萄与 葡萄酒中白藜芦醇的研究,也掀起了红葡萄酒的消费热潮。

随着白藜芦醇研究的深入,一些具有芪化物结构的白藜芦醇衍生物相继被发现^[3-7],并被证明具有和 白藜芦醇相似或更高的生物活性^[5-10]。目前,国内对于葡萄中芪化物的研究主要在白藜芦醇诱导、提取方 法及分析等方面^[11-16],而葡萄果实中白藜芦醇及其衍生物的含量变化和紫外诱导合成研究,主要以白藜芦醇 和白藜芦醇糖苷的顺反异构体积累规律为主^[11,17]。白藜芦醇衍生物的分析检测在国外已有很多有益的探 索^[18-20],特别是 Pezet 等从霜霉病侵染的葡萄叶片中同时检测了白藜芦醇等 10 种芪化物,为葡萄中更多芪 化物的检测分析奠定了基础^[9]。在葡萄果实中,除白藜芦醇和白藜芦醇糖苷外,其他衍生物的研究还未见 报道。本实验以酿酒品种赤霞珠葡萄果实为试材,采用 HPLC 直接进样分析方法,对葡萄果实发育过程中 白藜芦醇及其衍生物的 5 种物质进行研究,旨在探明葡萄果实生长发育过程中和紫外诱导后,白藜芦醇 及其部分衍生物的积累规律。

1 材料与方法

1.1 材料

赤霞珠葡萄(*Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon),2006 年采自河北省怀来县东花园镇西榆林村 北京龙徽酿酒有限公司葡萄基地。1996 年定植,栽培行距 3 m,株距为 1 m。选择葡萄园同一地块内的多 行葡萄采样。采样时选取结果高度、遮蔽度较为一致的葡萄果穗,花后 20 d 开始,每隔 10 d 采样 1 次, 直至花后 120 d。样品采集后立即运回实验室,进行实验处理。

1.2 标样

Res 标样购自 Sigma 公司(纯度 $\geq 99\%$);PD(白藜芦醇糖苷)标样购自上海复旦大学药学院天然药物研 究室(纯度 $\geq 99\%$); ϵ -viniferin 标样由中国医学科学院、中国协和医科大学药物研究所林茂教授馈赠(纯 度 $\geq 90\%$);Pterostilbene(PS)标样购自 Sigma 公司(纯度 $\geq 97\%$); δ -viniferin 标样参照文献制备^[5,21]。

国家自然科学基金项目(编号:30400302)资助。

王琴飞 女,1982 年生,在读硕士研究生。研究方向:植物逆境生理。E-mail: wangqf508@yahoo.com.cn。

* 通讯作者 黄绵佳, E-mail: hmj886@163.com。

收稿日期:2008-03-12 修回日期:2008-06-02

1.3 实验方法

1.3.1 葡萄果实紫外处理 采样当天立即运至实验室,在果穗中带果柄剪取成熟度、着色、颗粒大小较为一致的无损伤和无病虫害的果粒,均匀放置,做避光紫外处理(医用紫外线杀菌灯(30 W),波长 254 nm)。紫外处理条件为:距紫外灯 10 cm(3W/m²),照射时间 10 min(紫外强度采用上海顾村光电仪器厂 ZQJ-254 型紫外强度计测定),将果粒翻转,作同样的紫外处理。处理后的葡萄果粒避光通风放置 30 h 后,液氮速冻,−40 ℃贮藏待用。同时将未进行紫外处理的葡萄果粒,相同避光通风条件,放置 30 h 后,液氮速冻,−40 ℃贮藏,作为对照。样品处理进行 3 次重复。

1.3.2 葡萄中 Res 及其部分衍生物的提取 葡萄果实冻样 20 g,在 4 ℃下融冻后取葡萄果皮,液氮研磨,准确称取 1 g 于试管中,加入 5 mL 甲醇,超声提取(10 min, 80 Hz),4 ℃下静置 1 h,10 000×g 离心 20 min,取上清液,N₂吹干后,溶于 2 mL 甲醇,过 0.45 μm 有机相膜,待 HPLC 分析。每次实验设置 3 个重复。

1.3.3 Res 及其衍生物的 HPLC 分析条件 Alliance 2695 高效液相色谱仪(美国 waters 公司),配备二极管阵列检测器(PDA, waters 公司 2996 型)色谱柱为 Atlantis C₁₈ (250×4.6 mm, 5 μm, Waters 公司)。参照文献[5]的方法修改为:采用二元梯度洗脱,流动相 A 为乙腈, B 为水。起始为 1%A, 99%B, 保持 5 min, 28 min 时 A 为 60%, B 为 40%, 33 min 时 A 为 85%, B 为 15%, 保持 2 min, 到 40 min 时 A 为 1%, B 为 99%。柱温为 30 ℃,检测波长为 306 nm,流速为 1 mL/min,进样体积为 20 μL。

2 结果与分析

2.1 Res 及其衍生物的 HPLC 测定

反式芪化合物的光谱图都具有双肩峰的特征,一般在 308~336、281~313 nm 处有 2 个较大的吸收峰^[21]。

实验利用 PDA 检测器,在 210~400 nm 同时对检测样品的色谱和光谱特征进行扫描,反式 PD、Res、ε-viniferin、δ-viniferin、PS 标准样品的保留时间分别为:18.064、21.514、23.291、24.218、31.181 min (图 1)。葡萄果实样品中反式 PD、Res、ε-viniferin、δ-viniferin、PS 的保留时间与标样一致(图 2),光谱吸收分别为 318.0、305.8、324.8、309.4 nm。样品中没有检测到 PS。

Res、PD、ε-viniferin、δ-viniferin、PS 5 种芪化合物的标准曲线、相关系数、检测限及其回收率如表 1 所示。

2.2 紫外处理后生长发育过程中葡萄果实的 Res 及其衍生物的变化规律

葡萄正常生长发育过程中反式 PD、Res、ε-viniferin、δ-viniferin 在各个阶段的含量变化

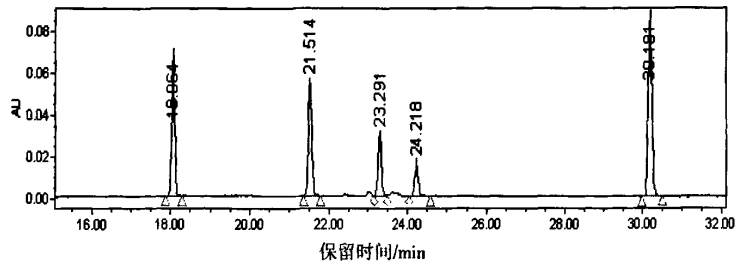


图 1 白藜芦醇及其衍生物标准样品的色谱图

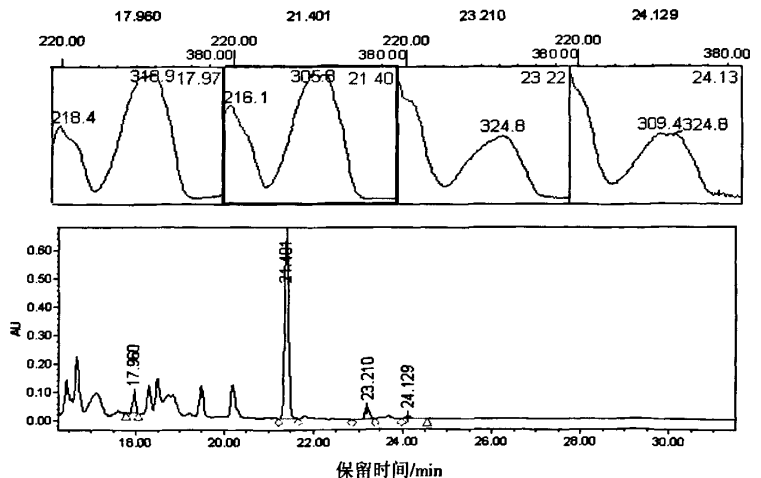


图 2 葡萄果实中白藜芦醇及其衍生物标准样品的光谱和色谱图

如图 3 所示。PD 在整个生长发育过程中都呈现逐渐下降的趋势(图 3-B),甚至在花后 90 d 低于检测限,之后随果实成熟而增加,在花后 120 d 含量达到了 20.13 $\mu\text{g/g}$,是前期发育过程中最高含量的 17.47 倍。Res (图 3-A)、 ϵ -viniferin (图 3-C)、 δ -viniferin (图 3-D)在果实整个生长发育过程中的对照含量与紫外处理的样品含量比较,三者的变化趋势平稳,在 80 d 后有所增加,但是含量还是明显低于紫外处理的样品。其中,葡萄果实经过紫外处理后,Res、PD、 ϵ -viniferin、 δ -viniferin 含量都获得了大量合成与积累(图 3),最高含量

表 1 白藜芦醇及其衍生物回归分析、检出限、加标回收(n=3)					
芪化物	线性范围 / $\mu\text{g/mL}$	回归方程	相关系数	检出限 (S/N=3; $\mu\text{g/mL}$)	加标回收
Res	0.1~250	$Y=79438X+19079$	0.9996	0.02	95.90%~110.00%
PD	0.5~50	$Y=47752X-5353.6$	0.9989	0.05	98.00%~101.00%
ϵ -viniferin	0.1~200	$Y=16604X+13433$	0.9994	0.02	90.27%~93.80%
δ -viniferin	0.5~300	$Y=3931X+3996.7$	0.9990	0.05	98.90%~108.70%
PS	0.1~5	$Y=122434X+6186.7$	0.9993	0.01	97.02%~108.60%

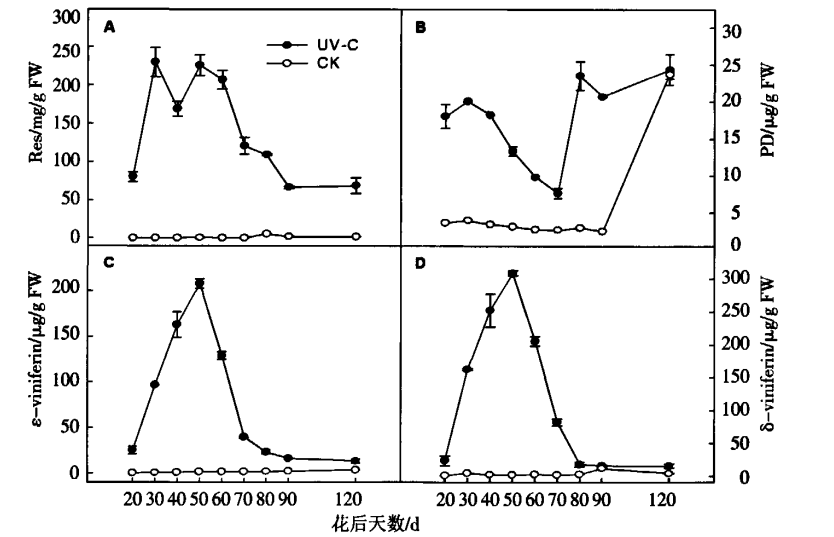


图 3 紫外诱导后葡萄生长发育过程中白藜芦醇及其相关衍生物的含量变化

分别达到了 229.66、21.83、208.36、308.46 $\mu\text{g/g}$ 。Res 和 2 种二聚体 ϵ -viniferin、 δ -viniferin 的变化趋势基本一致,在开花后 50 d 三者含量的积累达到最高,之后 Res 和 ϵ -viniferin、 δ -viniferin 的含量却开始下降,到 90 d 趋于平稳。可见,不同生长发育时期的葡萄果实虽然受到相同剂量的紫外处理,但其对紫外线的敏感性不同。紫外诱导后,葡萄果实中 PD 含量变化趋势与 Res、 ϵ -viniferin 和 δ -viniferin 的积累完全不同,存在着近似负相关的关系,如图 3-B 所示:在 Res 及其二聚体逐渐提高的过程中,PD 的含量却逐渐降低,随着 Res 和 ϵ -viniferin、 δ -viniferin 下降,PD 的积累却开始上升,到 80 d 后也趋于平稳。

本实验中,对照和紫外诱导后的样品中都没有检测到 PS。

3 讨论

(1)Res 及其衍生物作为葡萄逆境中产生的一种植物抗毒素,在自然条件下的含量是很少的,对于含量的变化,都认为环境因子和葡萄品种影响因素较大^[11,17]。研究认为,葡萄果实生长发育的前期,花色苷等酚类物质合成很少,葡萄受到逆境刺激后,通过合成植保素来产生逆境响应因子。Res 及其部分衍生物可以看做是这种响应因子中一种,紫外可以诱导、启动葡萄中 Res 的合成,并继而有可能带动了一系列 Res 衍生物的合成与积累^[2]。葡萄中 Res 的合成源自苯丙氨酸代谢,其合成过程中的关键酶白藜芦醇合成酶(STS)在苯丙氨酸代谢中是与查耳酮合成酶(CHS)并行的一个支路,后者是合成花色苷和多种酚类物质的关键酶。STS 是诱导型酶,正常情况下并不表达,只有在处于逆境和诱导因子刺激情况下才会合成而发挥作用。因此有研究认为在葡萄果实发育后期,随着葡萄色素和多酚的合成旺盛,STS 与 CHS 可能存在竞争^[23]。Jeandet 等^[19]的研究认为,在葡萄果实成熟后期,Res 骤然下降(50~90 d),是由于 Res 和花青素苷的合成出现底物竞争的关系;而开花后 90~120 d 时,葡萄果实已成熟,糖分积累、病虫害增多,环境温湿

度变化较大,逆境胁迫增加,也可能造成 Res 及其二聚体的消耗,形成后期含量的普遍降低,这在本实验结果中(图 3-A, C, D) 也得到验证。因此,本实验发现在果实转色期后(50 d),同样强度的紫外诱导条件下,Res 和 ϵ -viniferin、 δ -viniferin 的积累量与前期相比急剧下降,支持了 STS 与 CHS 存在竞争的结论。

研究推测,葡萄果实在受到紫外诱导后,不仅促进了 Res 的不断积累,同时逆境因子也刺激了多酚氧化酶和过氧化物酶活性的增加^[24],这 2 种酶可能会使 Res 聚合成为二聚体甚至多聚体。早在 1994 年,Calderín 等利用细胞悬浮培养,用一种刺激剂诱导未成熟的葡萄果皮细胞壁,发现碱性的过氧化物酶 B₃ (basic peroxidase)能氧化 Res 生成白藜芦醇氧化产物(ROPs)^[25]。随后,Pezet 在葡萄用灰霉菌(*Botrytis cinerea*)诱导的培养基中分离纯化到一种漆酶(Laccase),它能催化 Res 反应生成 ϵ -viniferin^[26]。最近,Takaya 等^[27]在利用不同过氧化物酶的生物合成实验中发现,过氧化物酶都能使 Res 反应生成不同的产物,其中主要的产物是 δ -viniferin。因此,紫外诱导后, ϵ -viniferin、 δ -viniferin 作为 Res 的聚合体,表现出与 Res 较为一致的变化趋势(图 3-A, C, D),笔者推测 2 种二聚体可能是葡萄受紫外诱导后,过氧化物酶和多酚氧化酶与 Res 的代谢产物。

PD 做为一种芪化物,毒性比 Res 小^[28],在葡萄生长发育过程中和受紫外诱导后,它的变化趋势和 Res, ϵ -viniferin, δ -viniferin 都呈负相关,在紫外诱导后的葡萄果实中表现最明显。有文献表明在糖基化酶的作用下,Res 可以生成 PD^[29]。并有文献报道,在葡萄组织培养的细胞中糖含量的增加,也伴随着 PD 的增加^[23]。这可能也是葡萄果实在转色期后(50 d),糖份开始积累,而 PD 开始上升的原因。

在实验中没有发现 PS,PS 一般存在于葡萄叶片中^[21],和 δ -viniferin 的生物活性相似^[10],但它在植物体内通常不形成或浓度太低而与防御机制无关^[19]。在灰霉菌(*Botrytis cinerea*),匍枝根霉(*Rhizopus stolonifer*)的诱导下,少数葡萄品种的果实内有 PS 合成^[30]。

(2) 本研究利用 HPLC 的方法,对未经过紫外诱导和紫外诱导后的葡萄果实中的 Res 及其相关衍生物进行检测分析,发现紫外处理能诱导葡萄多种芪化物的积累,且在葡萄果实中 Res 与 ϵ -viniferin, δ -viniferin 的含量变化趋势一致,而 PD 的含量变化与 Res, ϵ -viniferin, δ -viniferin 3 种芪化物表现为负相关趋势。为葡萄果实发育过程中芪化物的诱导合成研究提供了理论依据。

参考文献

- Langcake P, Pryce R J. The production of resveratrol by *Vitis vinifera* and other members of the Vitaceae as a response to infection or injury[J]. *Physiol Plant Pathol*, 1976(9):77-86
- Jang M, Cai L, Udeani G O, et al. Cancer chemopreventive activity of resveratrol, a natural product derived from grapes [J]. *Science*, 1997, 275: 218-220
- Langcake P, Cornford C A, Pryce R J. Identification of pterostilbene as a phytoalexin from *Vitis vinifera* leaves [J]. *Phytochemistry*, 1979, 18(6): 1025-1027
- Langcake P. Disease resistance of *Vitis* spp and the production of the stress metabolites resveratrol, ϵ -viniferin, α -viniferin and pterostilbene[J]. *Physiol Plant Pathol*, 1981, 18: 213-226
- Pezet R, Perret C, Jean-Denis J B, et al. δ -viniferin, a resveratrol dehydromer: one of the major stilbenes synthesized by stressed grapevine leaves[J]. *J Agric Food Chem*, 2003, 51(18): 5488-5492
- Waterhouse A L, Lamuela R M. The occurrence of piceid, a stilbene glucoside in grape berries[J]. *Phytochemistry*, 1994, 37(22): 571-573
- Pezet R, Pont V, Cuenat P. Method to determine resveratrol and pterostilbene in grape berries and wines using high performance liquid chromatography and highly sensitive fluorometric detection[J]. *J Chromatogr A*, 1994, 663(22): 191-197
- Nicotra S, Gramarossa M R, Mucci A, et al. Biotransformation of resveratrol: synthesis of trans-dehydromers catalyzed by laccases from *Myceliophora thermophyla* and from *Trametes pubescens*[J]. *Tetrahedron*, 2004, 60(3): 595-600
- Bertrand P, Francois B, Yvonne D, et al. Differential inhibition of human cytochrome P₄₅₀ enzymes by viniferin, the dimer of resveratrol: comparison with resveratrol and polyphenols from alcoholized beverages[J]. *J. L. Sciences*, 2003, 73(9): 1199-1213
- 陈国良, 耿春梅, 刘湘水. 白藜芦醇衍生物及类似物的研究进展[J]. *药学进展*, 2006, 30(4): 145-150
- 余兴, 高丽萍, 夏涛, 等. 葡萄果实生长发育过程中白藜芦醇及其糖苷的 HPLC 测定[J]. *武汉植物学研究*, 2007, 25(1): 84-88
- 乔桂梅, Creasy G. 乙磷铝和紫外线照射对葡萄叶片中芪类化合物的诱导作用[J]. *中外葡萄与葡萄酒*, 2005(4): 12-16
- 李晓东, 郑先波, 李绍华, 等. 水杨酸和紫外线对诱导采收葡萄果皮内白藜芦醇合成作用研究[J]. *果树学报*, 2007, 24(1): 30-33
- 罗葵, 王琴飞, 李景明, 等. 葡萄叶片中白藜芦醇的紫外线诱导研究[J]. *中外葡萄与葡萄酒*, 2007(4): 4-6
- 马丽艳, 李景明. 葡萄酒中顺反式白藜芦醇异构体的反相高效液相色谱法测定[J]. *分析测试学报*, 2004, 23(6): 87-90

- 16 李晓东, 李绍华, 闫树堂. 葡萄白藜芦醇提取和 HPLC 定量测定适宜条件研究[J]. 园艺学报, 2006, 33(4): 836~838
- 17 Jeandet P, Bessis R, Cauteron B. The production of resveratrol (3, 5, 4'-trihydroxystilbene) by grape berries in different developmental stages[J]. Am J Enol Vitic, 1991, 42(1): 41~46
- 18 Adrian M, Jeandet P, Breuil A C, et al. Assay of resveratrol and derivative stilbenes in wines by direct injection high performance liquid chromatography[J]. Am J Enol Vitic, 2000, 51(1): 37~41
- 19 Moreno-Labanda J F, Mallavia R, Perez-Fons L, et al. Determination of piceid and resveratrol in Spanish wines deriving from Monastrell (*Vitis Vinifera* L.) grape variety[J]. J Agric Food Chem, 2004, 52(17): 5396~5403
- 20 Vitrac X, Bornet A, Vanderlinde R, et al. Determination of stilbenes (δ -viniferin, trans-astringin, trans-piceid, cis- and trans-resveratrol, ϵ -viniferin) in Brazilian wines[J]. J Agric Food Chem, 2005, 53(14): 5664~5669
- 21 Jeandet P, Breuil A C, Adrian M, et al. HPLC analysis of grapevine phytoalexins coupling photodiode array detection and fluorometry [J]. Anal Chem, 1997, 69(24): 5172~5177
- 22 Pezet R, Gindro K. Glycosylation and oxidative dimerization of resveratrol are respectively associated to sensitivity and resistance of grapevine cultivars to downy mildew[J]. Physiological and Plant Pathology, 2004, 65(6): 297~303
- 23 Larronde F S, Krisa A, Decendit C, et al. Regulation of polyphenol production in *Vitis vinifera* cell suspension cultures by sugars[J]. Plant Cell Reports, 1998, 17(12): 946~950
- 24 Rocío G B, Marjatta S M, Francisco A, et al. Etiology of UV-C-induced browning in Var. superior white table grapes[J]. J Agric Food Chem, 2005, 53(15): 5990~5996
- 25 Calderón A A, Zapata J M, Ros-Barceló A. Peroxidase-mediated formation of resveratrol oxidation products during the hypersensitive-like reaction of grapevine cells to an elicitor from *Trichoderma viride*[J]. Physiological and Molecular Plant Pathology, 1994, 44(4): 289~299
- 26 Pezet R. Purification and characterization of a 32-kDa laccase-like stilbene oxidase produced by *Botrytis cinerea* [J]. FEMS Microbiol Lett, 1998, 167(2): 203~208
- 27 Takaya Y, Terashima K, Ito J, et al. Biomimetic transformation of resveratrol[J]. Tetrahedron, 2005, 61(43): 10285~10290
- 28 Regve-Shoshani G, Shoseyov O, Bilkis I, et al. Glycosylation of resveratrol protects it from enzymic oxidation[J]. Biochem, 2003, 374: 157~163
- 29 Loredana La Torre G, Lagana G, Bellocco E, et al. Improvement on enzymatic hydrolysis of resveratrol glucosides in wine [J]. Food Chemistry, 2004, 85(2): 259~266
- 30 Sarig P, Zhtkhi Y, Monjauez A, et al. Phytoalexin elicitation in grape berries and their susceptibility to *Rhizopus stolonifer* [J]. Physiological and Molecular Plant Pathology, 1997, 50(5): 337~347

Induction of Stilbenes in Response of Grape Berries at Different Developmental Stages to Ultraviolet C

Wang Qinfei^{1,2} Wang Lei² Li Jingming² Pan Qiuhong² Huang Mianjia¹

1 College of Horticulture and Landscaping, Hainan University, Danzhou, Hainan 571737

2 College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083

Abstract The resveratrol and its derivatives are natural polyphenols which are important functional components in grape berries and wine. They are a plant antitoxin and have a function of cancer inhibition. Five stilbenes including resveratrol, piceid, ϵ -viniferin, δ -viniferin and pterostilbene were investigated in response of grape berries (Cabernet Sauvignon) at different developmental stages to ultraviolet C, by means of high performance liquid chromatography (HPLC) with direct injection and gradual elution. The results showed that the gradual increase in levels of resveratrol, ϵ -viniferin and δ -viniferin was detected during berry development. After UV-C irradiation, these three components significantly accumulated in grape berries at various stages, with the maximum at 50 d after full bloom. Compared with that in non-UV-C treated berries, the level of piceid in UV-C treated berries also increased, but the change of piceid is different from those of resveratrol, ϵ -viniferin and δ -viniferin during berry development and in response to UV-C. Pterostilbene was not detected in grape berry, even after treated with UV-C. This provides theoretical basis for stilbenes synthesis study in response of grape berries at different developmental stages to ultraviolet C.

Key words resveratrol viniferins piceid HPLC grape berry UV-C

作者: [王琴飞](#), [王蕾](#), [李景明](#), [潘秋红](#), [黄绵佳](#), [Wang Qinfei](#), [Wang Lei](#), [Li Jingming](#), [Pan QiuHong](#), [Huang Mianjia](#)

作者单位: [王琴飞, Wang Qinfei](#) (海南大学园艺园林学院, 海南, 儋州, 571737; 中国农业大学食品科学与营养工程学院, 北京, 100083), [王蕾, 李景明, 潘秋红, Wang Lei, Li Jingming, Pan QiuHong](#) (中国农业大学食品科学与营养工程学院, 北京, 100083), [黄绵佳, Huang Mianjia](#) (海南大学园艺园林学院, 海南, 儋州, 571737)

刊名: [热带作物学报](#) 

英文刊名: [CHINESE JOURNAL OF TROPICAL CROPS](#)

年, 卷(期): 2008, 29 (5)

被引用次数: 2次

参考文献(30条)

1. [Langcake P; Pryce R J](#) [The production of resveratrol by Vitis vinifera and other members of the Vitaceae as a response to infection or injury](#) 1976 (09)
2. [Jang M; Cai L; Udeani G O](#) [Cancer chemopreventive activity of resveratrol, a natural product derived from grapes](#) [外文期刊] 1997
3. [Langcake P; Comford C A; Pryce R J](#) [Identification of pterostilbene as a phytoalexin from Vitis vinifera leaves](#) 1979 (06)
4. [Langcake P](#) [Disease resistance of Vitis spp and the production of the stress metabolites resveratrol, \$\epsilon\$ -viniferin, \$\alpha\$ -viniferin and pterostilbene](#) 1981
5. [Pezet R; Perret C; Jean-Denis J B](#) [8-viniferin a resveratrol dehydromer: one of the major stilbenes synthesized by stressed grapevine leaves](#) [外文期刊] 2003 (18)
6. [Waterhouse A L; Lamuela R M](#) [The occurrence of piceid, a stilbene glucoside in grape berries](#) 1994 (22)
7. [Pezet R; Pont V; Cuenat P](#) [Method to determine resveratrol and pterostilbene in grape berries and wines using high performance liquid chromatography and highly sensitive fluorometric detection](#) 1994 (22)
8. [Nieotra S; Cramates M R; Mucci A](#) [Biotransformation of resveratrol: synthesis of trans-dehydrodimers catalyzed by laccases from Myceliophthora thermophila and from Trametes pubescens](#) [外文期刊] 2004 (03)
9. [Bertrand P; Francois B; Yvonne D](#) [Differential inhibition of human cytochrome P450 enzymes by viniferin, the dimer of resveratrol: comparison with resveratrol and polyphenols from alcoholized beverages](#) 2003 (09)
10. [陈国良; 耿春梅; 刘湘水](#) [白藜芦醇衍生物及类似物的研究进展](#) [期刊论文] - [药学进展](#) 2006 (04)
11. [余兴; 高丽萍; 夏涛](#) [葡萄果实生长发育过程中白藜芦醇及其糖苷的HPLC测定](#) [期刊论文] - [武汉植物学研究](#) 2007 (01)
12. [元桂梅; Creasy G](#) [乙磷铝和紫外线照射对葡萄叶片中芪类化合物的诱导作用](#) [期刊论文] - [中外葡萄与葡萄酒](#) 2005 (04)
13. [李晓东; 郑先波; 李绍华](#) [水杨酸和紫外线对诱导采收葡萄果皮内白藜芦醇合成作用研究](#) [期刊论文] - [果树学报](#) 2007 (01)
14. [罗葵; 王琴飞; 李景明](#) [葡萄叶片中白藜芦醇的紫外线诱导研究](#) [期刊论文] - [中外葡萄与葡萄酒](#) 2007 (04)

15. [马丽艳;李景明](#) [葡萄酒中顺反式白藜芦醇异构体的反相高效液相色谱法测定](#)[期刊论文]-[分析测试学报](#) 2004(06)
16. [李晓东;李绍华;闫树堂](#) [葡萄白藜芦醇提取和HPLC定量测定适宜条件研究](#)[期刊论文]-[园艺学报](#) 2006(04)
17. [Jeandet P;Bessis IL;Gautheron B](#) [The production of resveratrol\(3,5,4'-trihydroxystilbene\)by grape berries in different developmental stages](#) 1991(01)
18. [Adrian M;Jeandet P;Breuil A C](#) [Assay of resveratrol and derivative stilbenes in wines by direct injection high performance liquid chromatography](#)[外文期刊] 2000(01)
19. [Moreno-Labanda J F;Mallavia R;Perez-FansL](#) [Determination of piceid and resveratrol in Spanish wines deriving from Monastrell \(Vitis Vinifera L\)grape variety](#)[外文期刊] 2004(17)
20. [Vitrac X;Bonnet A;Vanderlinde R](#) [Determination of stilbenes\(\$\delta\$ -viniferin,trans-astringin,trans-piceid,cis-and trans-resveratrol, \$\epsilon\$ -viniferin\)in Brazilian wines](#)[外文期刊] 2005(14)
21. [Jeandet P;Breuil A C;Adrian M](#) [HPLC analysis of grapevine phytoalexins coupling photodiode array detection and fluorometry](#)[外文期刊] 1997(24)
22. [Pezet R Gindro K](#) [Glycosylation and oxidative dimerization of resveratrol are respectively associated to sensitivity and resistance of grapevine cultivars to downy mildew](#)[外文期刊] 2004(06)
23. [Larronde F S;Krisa A;Decendit C](#) [Regulation of polyphenol production in Vitis vinifera cell suspension cultures by sugars](#)[外文期刊] 1998(12)
24. [Rocio G B;Marjatta S M;Francisco A](#) [Etiology of UV-C-induced browning in Var.superior white table grapes](#)[外文期刊] 2005(15)
25. [Calderon A A;Zapata J M;Ros-Barcelo A](#) [Peroxidase-mediated formation of resveratrol oxidation products during the hypersensitive-like reaction of grapevine cells to an elicitor from Trichoderma viride](#) 1994(04)
26. [Pezet R](#) [Purification and characterization of a 32-kDa laccase-like stilbene oxidase produced by Botrytis cinerea](#)[外文期刊] 1998(02)
27. [Takaya Y;Terashima K;Ito J](#) [Biomimetic transformation of resveratrol](#) 2005(43)
28. [Regve-Shoshani G;Shoseyov O;Bilkis L](#) [Glycosylation of resveratrol protects it from enzymic oxidation](#) 2003
29. [Loredana La Torre G;Lagana G;Bellocco E](#) [Improvement on enzymatic hydrolysis of resveratrol glucosides in wine](#)[外文期刊] 2004(02)
30. [Sarig P;Zhtkhi Y;Monjaud A](#) [Phytoalexin elicitation in grape berries and their susceptibility to Rhizopus stolonifer](#)[外文期刊] 1997(05)

本文读者也读过(10条)

1. [周侠](#), [吕秋军](#), [王林](#), [叶棋浓](#), [温利青](#), [张敏](#), [ZHOU Xia.L\(U\)](#) [Qiu-jun](#), [WANG Lin](#), [YE Qi-nong](#), [WEN Li-qing](#), [ZHANG Min](#) [白藜芦醇及其衍生物抗乙型肝炎病毒体外实验研究](#)[期刊论文]-[中国药学杂志](#)2005, 40(24)
2. [林明](#), [曹蕾](#), [郭世辉](#), [王育娜](#), [夏信明](#), [贺俐](#), [林国华](#), [何水林](#), [LIN Ming](#), [CAO Lei](#), [GUO Shi-hui](#), [WANG Yu-na](#), [XIA Xin-ming](#), [HE Li](#), [LIN Guo-hua](#), [HE Shui-lin](#) [白藜芦醇合成酶\(RS\)基因转化胡萝卜及高白藜芦醇转基因胡萝卜株系的筛选](#)[期刊论文]-[农业生物技术学报](#)2007, 15(6)
3. [黄宁](#) [白藜芦醇衍生物体外抗HIV-1活性及机制研究](#)[学位论文]2008

4. [罗葵](#), [王琴飞](#), [张岱](#), [李景明](#), [Luo Kui](#), [Wang Qinfei](#), [Zhang Dai](#), [Li Jingming](#) [葡萄叶片中白藜芦醇的紫外线诱导研究](#)[期刊论文]-[中外葡萄与葡萄酒](#)2007(4)
5. [王琳](#), [朴志松](#), [赵知中](#) [天然产物白藜芦醇的衍生物的合成](#)[会议论文]-2002
6. [陈尚武](#), [马会勤](#), [陈雷](#), [韩雅珊](#), [Chen Shangwu](#), [Ma Huiqin](#), [Chen Lei](#), [Han Yashan](#) [葡萄酒中的白藜芦醇及其衍生物](#)[期刊论文]-[食品与发酵工业](#)1999, 25(4)
7. [陈贵娜](#) [紫外诱导对葡萄和花生幼苗中白藜芦醇及其衍生物含量的影响](#)[学位论文]2010
8. [姚旭](#), [刘运美](#), [曹轩](#), [罗星](#), [郑自通](#), [王小平](#), [朱炳阳](#), [郑兴](#), [廖端芳](#) [含氟白藜芦醇衍生物的合成及抗癌活性研究](#)[会议论文]-2009
9. [韩晶晶](#), [刘炜](#), [毕玉平](#), [HAN Jing-Jing](#), [LIU Wei](#), [BI Yu-Ping](#) [花生白藜芦醇合成酶基因PNRS1的克隆及其在原核中的表达](#)[期刊论文]-[作物学报](#)2010, 36(2)
10. [邓建平](#), [姜丰](#), [杨国顺](#), [DENG Jian-ping](#), [JIANG Feng](#), [YANG Guo-shun](#) [葡萄细胞培养生产白藜芦醇的研究](#)[期刊论文]-[湖南农业大学学报（自然科学版）](#)2009, 35(3)

引证文献(2条)

1. [花生中白藜芦醇及其衍生物的研究进展](#)[期刊论文]-[中国粮油学报](#) 2009(10)
2. [王俊芳](#), [李瑞国](#), [刘文](#), [刘春艳](#), [奚慧芬](#), [马苓](#), [李绍华](#), [王利军](#) [葡萄白藜芦醇主要衍生物的研究进展](#)[期刊论文]-[园艺学报](#) 2011(4)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_rdzwx200805005.aspx