

## 紫苏提取物对越橘采后果实贮藏品质的影响

戴鹏辉<sup>1</sup>, 侯凯<sup>2</sup>, 夏秀英<sup>1,\*</sup>, 安利佳<sup>1</sup>

<sup>1</sup>大连理工大学生命科学与技术学院, 辽宁大连116024

<sup>2</sup>四川农业大学农学院, 成都611130

**摘要:** 使用不同浓度的紫苏(*Perilla frutescens*)提取物(PFE, 约含60%迷迭香酸)浸泡越橘(*Vaccinium corymbosum*)果实, 测定贮藏期间越橘果实品质相关指标的动态变化, 探讨PFE对越橘果实贮藏品质的影响。结果表明, 经5和10 g·L<sup>-1</sup> PFE处理的越橘果实硬度以及果实中可溶性固形物(TSS)、维生素C、类黄酮、总酚含量均显著高于对照, 而果实腐烂率及失重率显著低于对照。同时, PFE处理可提高果实超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)、苯丙氨酸解氨酶(PAL)、 $\beta$ -1,3-葡聚糖酶(GLU)等防御酶活性。结果说明, PFE可能通过增强果实自身抗氧化、防御能力从而减少贮藏期果实的腐烂, 延缓果实品质的下降, 达到保鲜效果。

**关键词:** 紫苏提取物; 迷迭香酸; 越橘保鲜; 防御酶

越橘(*Vaccinium* spp.)又称蓝莓, 是杜鹃花科(Ericaceae)越橘属小浆果类果树, 其果实富含花青素、类黄酮、维生素、超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)等活性成分, 具有延缓衰老、改善视力、抗癌、增强记忆等功效(Neto 2007; Borges等2010; Stull等2010), 被联合国粮农组织列为人类五大健康食品之一, 有着“世界水果之王”的称号。越橘果实皮薄, 肉软, 多汁, 采后自身衰老速度快, 且多数品种果蒂痕明显, 采后极易受到多种病原菌侵害(Rivera等2013; Miles等2013; 秦士维等2017), 发生失水、腐烂等现象, 严重影响其食用品质及商品价值, 造成严重的经济损失及食品安全隐患(Yang等2014; Cao等2018)。目前生产上主要采用低温、气调等物理方法及化学保鲜剂进行浆果类果实的贮藏保鲜(Chiabrande和Giacalone 2011; 余璐璐等2015; Cao等2018)。但传统的化学保鲜剂易造成残留, 污染环境, 危害人体健康, 且易使病原菌产生抗药性。随着人们对食品安全要求的日益提高, 寻找天然、安全、有效的贮藏保鲜措施以保持越橘果实采后品质和延长货架期成为越橘产业发展急需解决的关键问题。生物保鲜剂是指从动植物、微生物中提取或通过生物工程技术获取的安全、健康、无毒的保鲜剂。其中, 植物源保鲜剂由于来源广泛, 安全无毒且实用性强, 已广泛应用于果蔬保鲜中。研究发现, 多种植物精油及肉桂(*Cinnamomum verum*)、蓝莓叶片、辣椒(*Cap-sicum annuum*)叶片、石榴(*Punica granatum*)皮、

五倍子(*Galla chinensis*)等植物提取物, 能够抑制植物病原菌的菌丝生长和孢子萌发, 且能有效提高植物抗氧化活性, 对采后果蔬具有较好的保鲜作用(Wang等2008; Yang等2014; Mohammadi等2015; Pane等2016; Rongai等2018; 孙莎等2018)。

紫苏(*Perilla frutescens*)是唇形科紫苏属一种传统药食两用植物。紫苏叶片中含有迷迭香酸(rosmarinic acid, RA)、紫苏醛、多酚、黄酮、木犀素等多种生物活性成分, 具有抗氧化、抗癌、降血脂、清热解毒、抗菌等功效, 在我国已有2 000多年的应用历史(Tian等2014; Lin等2016)。研究发现, 紫苏精油和紫苏提取物(*P. frutescens* extract, PFE)具有较强的抗氧化及抑菌能力(Tian等2014; 孙钦玉等2017), 用于鱼肉、牛肉等肉类食品的保鲜已取得较好的效果(Lee等2015; Kong等2018)。近期研究显示, 紫苏精油能显著抑制草莓(*Fragaria × ananassa*)腐烂, 有效保持贮藏期草莓品质, 延长货架期(Li等2018)。但目前尚未有PFE用于越橘果实保鲜的研究报道, 其对越橘果实品质的影响尚不清楚。

本文研究了不同浓度PFE处理后, 越橘果实品质相关指标及防御系统的变化, 探索了PFE在越橘果实保鲜中的应用价值及可能机制, 为PFE作为天然保鲜剂的开发利用提供科学依据和实践指导。

收稿 2019-01-09 修定 2019-03-16

\* 通讯作者(xx47@dlut.edu.cn)。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

#### 1.1.1 越橘材料

实验用越橘(*Vaccinium corymbosum* L.)品种为‘M7’,种植于大连蓝源农业科技开发有限公司位于大连市城子坦和丹东的蓝莓园。成熟期采集大小均匀、无病虫害与机械损伤、形态完好、成熟度一致的果实为实验材料。

#### 1.1.2 紫苏提取物

紫苏[*Perilla frutescens* (L.) Britton]提取物(PFE)为紫苏叶片水提物,约含60%迷迭香酸。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 越橘材料处理及果实腐烂率与失重率测定

采集越橘果实,放4°C冰箱中预冷12 h。用无菌水将PFE配制成1、5、10 g·L<sup>-1</sup>的溶液。挑选成熟度一致、大小均匀的果实,分别放入不同浓度的PFE溶液中浸泡2 min,以无菌水为对照。自然晾干后装入经75%酒精灭菌的塑料盒中,在(10±2)°C条件下贮藏。分别于贮藏的0、4、8、12、16 d后取出部分果实,测定相应指标。

取40粒果实,统计果实腐烂数并测定果实质量,按下列公式计算腐烂率及失重率。

腐烂率(%)=腐烂果实数/总果实数×100%。

失重率(%)=(果实初始鲜重-贮藏后果实鲜重)/果实初始鲜重×100%。

#### 1.2.2 果实硬度及果实可溶性固形物、可滴定酸、维生素C、类黄酮和总酚含量测定

于取样期每个处理随机选取10粒果实,手持GY-2果实硬度计(乐清市艾德堡仪器有限公司),将硬度计探头垂直压到果实完好部分的赤道位置,当探头刺破果肉时,读取硬度计的示数。

称取5 g越橘果实,研磨至匀浆,用PAL-1手持折光仪(日本ATAGO公司)测定可溶性固形物(total soluble solids, TSS)含量。

采用中和滴定法测定可滴定酸(titratable acid, TA)含量(曹建康等2007),结果以柠檬酸百分数表示;参考刘会萍等(2016)的方法,采用2,6-二氯靛酚法测定维生素C含量;参考Zhu等(2016)的方法分

别以没食子酸和芦丁为标准品,在325和280 nm处测定类黄酮和总酚含量。

#### 1.2.3 果实抗氧化酶活性测定

参考曹建康等(2007)的方法测定果实中SOD、过氧化物酶(peroxidase, POD)和过氧化氢酶(catalase, CAT)的活性。SOD活性采用氮蓝四唑(nitro blue tetrazolium, NBT)法测定,以1 min内反应体系对NBT光化还原的抑制为50%表示一个酶活单位(U);POD活性测定采用分光光度法,愈创木酚(2-methoxyphenol)为底物,以样品1 min吸光度变化0.001为一个酶活性单位(U);CAT活性以1 min内吸光度值减少0.001表示一个酶活性单位(U)。

#### 1.2.4 果实苯丙氨酸解氨酶与β-1,3-葡聚糖酶活性测定

苯丙氨酸解氨酶(phenylalanine ammonia-lyase, PAL)和β-1,3-葡聚糖酶(β-1,3-glucanase, GLU)活性均参考Zhu等(2016)的方法测定。PAL活性以在290 nm下每小时吸光度变化0.01为一个酶活性单位(U);在540 nm下测定GLU活性,以每毫升粗酶液每小时分解产生1 mg葡萄糖作为一个酶活性单位(U)。

### 1.3 数据处理

所有实验均设置3次重复,使用GraphPad Prism 5.0软件绘图,使用SPSS Statistics 17.0软件用Duncan氏新复极差法(Duncan's new multiple range test, MRT)对数据进行显著性分析, P<0.05作为差异显著性判断标准。

## 2 实验结果

### 2.1 不同浓度PFE处理对越橘果实腐烂率与失重率的影响

腐烂率与失重率是判断果实新鲜程度与商品性的重要指标。越橘果实采后出现失重现象主要是由于呼吸作用消耗有机物和水分散失所造成。由图1可以看出,越橘果实的腐烂率和失重率在贮藏期间都呈上升趋势,不同浓度的PFE可不同程度地抑制越橘果实的腐烂和失重,且抑制效果随浓度的增加而提高。贮藏16 d时,对照组果实腐烂率已达95.55%,失重率达9.96%,而10 g·L<sup>-1</sup> PFE处理组的果实腐烂率仅为57.57%,失重率为7.97%。

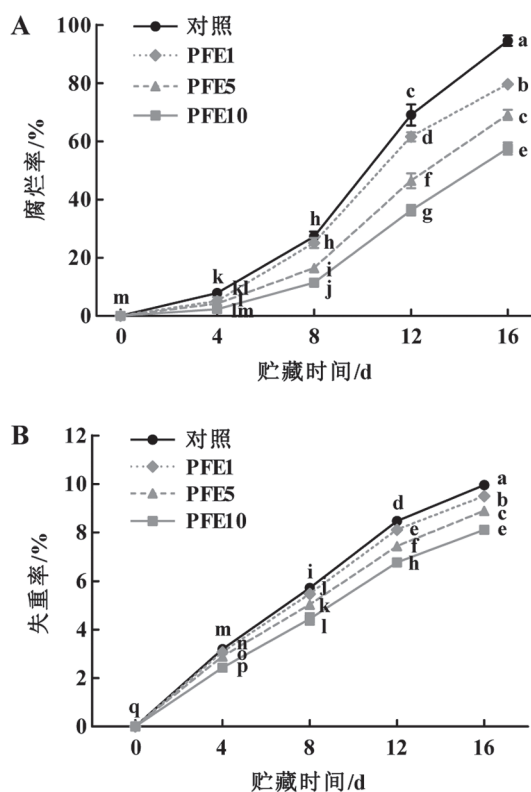


图1 不同浓度PFE处理后越橘果实腐烂率(A)和失重率(B)的变化

Fig.1 Changes in decay rate and weight loss rate in blueberry fruit treated by different concentrations of PFE

图中PFE1、PFE5和PFE10分别表示1、5和10  $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  PFE处理。用不同小写字母标识表示数据间差异显著( $P<0.05$ ), 图2~6同此。

## 2.2 不同浓度PFE处理对蓝莓果实品质的影响

### 2.2.1 对果实硬度和TSS含量的影响

果实硬度和TSS含量是衡量果实品质及果实成熟衰老的重要指标。在越橘贮藏期间, 由于果皮中的果胶、纤维素等成分在果胶酶和纤维素酶作用下发生水解, 果实硬度逐渐下降。而不同浓度PFE处理可减缓越橘果实硬度的下降, 且PFE浓度越高缓解效果越明显(图2-A)。贮藏16 d时, 对照组果实硬度比贮藏初始时下降了39.48%, 而10  $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  PFE处理组果实硬度仅下降了30.30%。在越橘贮藏期间, TSS含量呈现先升后降的趋势(图2-B), 在贮藏8 d时含量最高, 随后急剧下降。PFE处理可以减小贮藏后期果实TSS的下降幅度。在贮藏结束时, 5和10  $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  PFE处理组果实仍能维持较高的TSS含量。

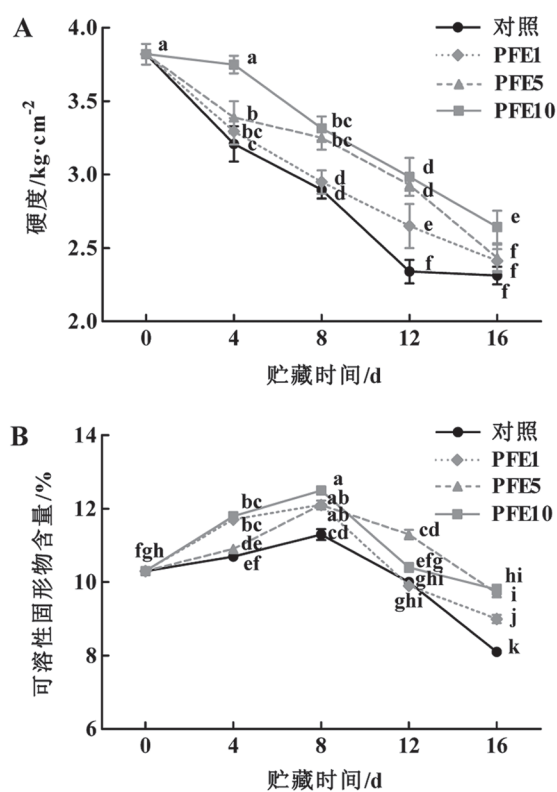


图2 不同浓度PFE处理后越橘果实硬度(A)和可溶性固形物含量(B)的变化

Fig.2 Changes in firmness and total soluble solids content in blueberry fruit treated by different concentrations of PFE

### 2.2.2 对可滴定酸及维生素C含量的影响

可滴定酸和维生素C含量也是评价越橘果实品质的重要指标。在贮藏期间, 越橘果实的可滴定酸含量呈先上升后下降趋势, 在贮藏8 d时含量最高, 随后急剧下降(图3-A); 而维生素C含量则呈下降趋势(图3-B)。不同浓度PFE处理可以减缓贮藏后期果实可滴定酸及维生素C的下降。贮藏结束时, 10  $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  PFE处理组的果实仍能维持较高的可滴定酸和维生素C含量。

## 2.3 不同浓度PFE处理对蓝莓果实防御系统的影响

### 2.3.1 对果实类黄酮与总酚含量的影响

类黄酮及总酚为越橘果实中抗氧化类活性成分, 是主要的营养物质, 也是评价越橘果实品质的重要指标。从图4中可以看出, 各组越橘果实中类黄酮和总酚含量均呈现先升后降的趋势, 在贮藏4 d时达到最高。PFE处理减缓了类黄酮和总酚含量



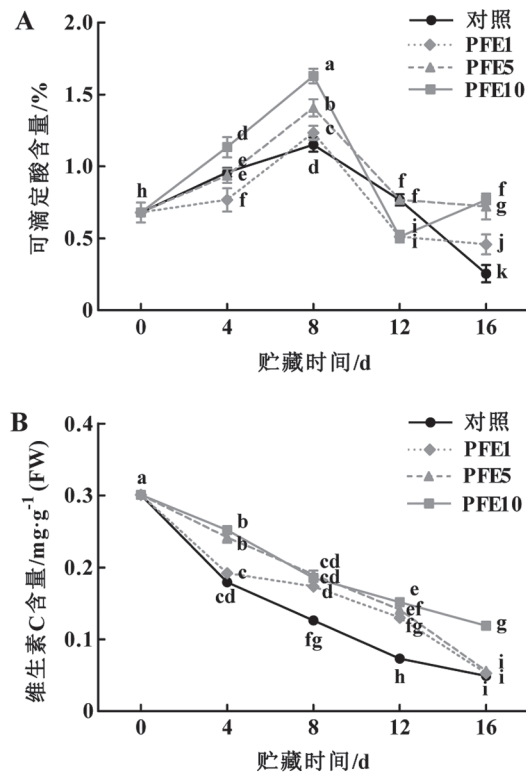


图3 不同浓度PFE处理后越橘果实可滴定酸(A)及维生素C(B)含量的变化

Fig.3 Changes in titratable acidity and vitamin C content in blueberry fruit treated by different concentrations of PFE

的下降, 10 g·L<sup>-1</sup> PFE处理效果最好, 贮藏16 d后类黄酮和总酚含量分别为3.547 1和4.631 6 mg·g<sup>-1</sup> (FW), 显著高于对照的2.324 7和4.031 6 mg·g<sup>-1</sup> (FW)。

### 2.3.2 对果实抗氧化酶活性的影响

SOD、POD和CAT为植物体内重要的抗氧化酶。由图5可见, 在贮藏期间, 越橘果实SOD (图5-A) 活性逐渐下降, POD (图5-B)及CAT (图5-C)活性先升后降。PFE处理后, 酶活性变化趋势没有改变, 但高浓度的PFE (10 g·L<sup>-1</sup>)处理可提高贮藏前期酶活性升高幅度, 减少贮藏后期酶活性的下降幅度, 使果实在贮藏期间维持较高的酶活性。贮藏结束时, 10 g·L<sup>-1</sup> PFE处理果实的SOD、POD和CAT活性分别为2.56、537.89和8.50 U·g<sup>-1</sup> (FW), 显著高于对照的1.89、400.25和6.44 U·g<sup>-1</sup> (FW)。可见, PFE处理能够刺激越橘果实抗氧化酶活性的增强, 提高越橘自身抗病、抗氧化能力, 从而提高果实品质, 延长货架期。

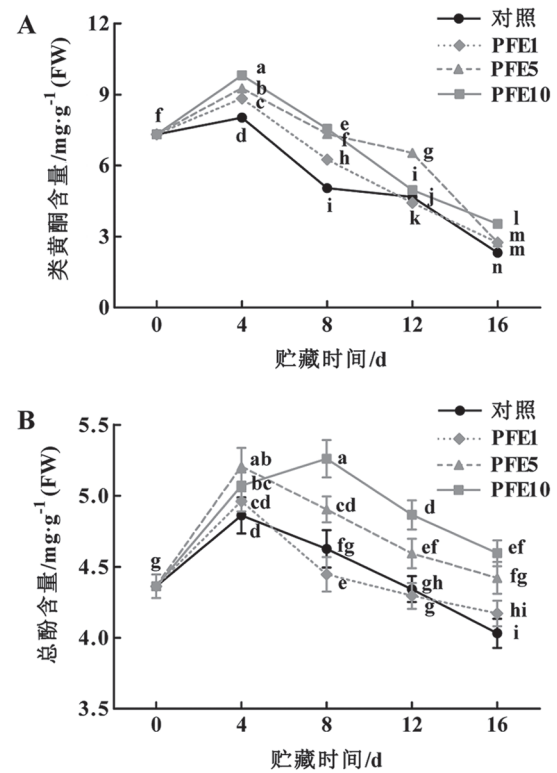


图4 不同浓度PFE处理后越橘果实类黄酮(A)和总酚(B)含量的变化

Fig.4 Changes in total flavonoids and total phenolic contents in blueberry fruit treated by different concentrations of PFE

### 2.3.3 对果实PAL及GLU活性的影响

PAL和GLU是植物重要的防御酶。PAL为苯丙氨酸代谢途径的关键酶, 影响类黄酮的生物合成, 其活性提高有助于木质素的积累和类黄酮、酚类等抗菌物质的合成(Zhang等2011)。GLU是植物体中重要的细胞壁降解酶, 可单独或协同作用水解破坏真菌细胞壁结构, 具有一定的抗菌作用(Ji和Kuč 1996)。由图6可见, 在越橘果实贮藏期间, PAL和GLU活性均呈先上升后下降趋势。不同浓度PFE处理后, PAL和GLU变化趋势与对照一致, 但增加了前期升高的幅度, 降低了后期下降的幅度, 其中10 g·L<sup>-1</sup> PFE处理与对照间差异显著。在贮藏结束时, 果实中PAL和GLU活性分别为207.16 U·g<sup>-1</sup> (FW)·h<sup>-1</sup>和7.34 U·g<sup>-1</sup> (FW), 显著高于对照的119.28 U·g<sup>-1</sup> (FW)·h<sup>-1</sup>和5.84 U·g<sup>-1</sup> (FW)。可见, PFE处理能增强越橘果实PAL和GLU活性, 提高其抗病能力。

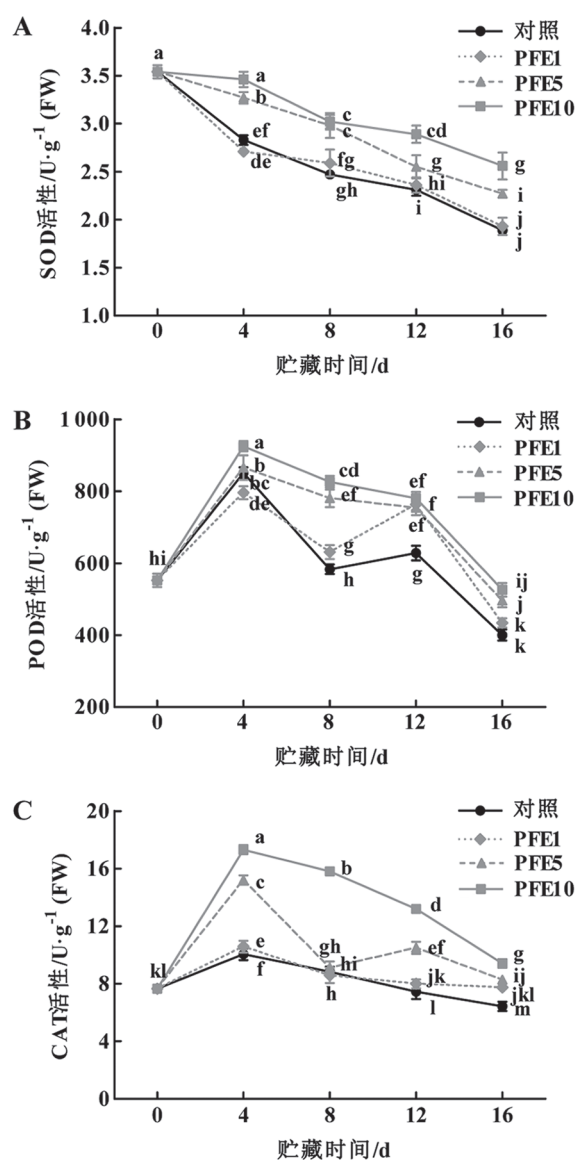


图5 不同浓度PFE处理后越橘果实抗氧化酶活性的变化  
Fig.5 Changes of antioxidant enzyme activities in blueberry fruit treated by different concentrations of PFE

### 3 讨论

随着人们生活水平的提高及健康意识的增强,生物保鲜剂替代化学防腐剂将成为果蔬保鲜的必然发展趋势。生物保鲜剂尤其是植物源保鲜剂具有天然、安全、健康等优点,已成为果蔬保鲜领域的研究热点。紫苏是一种药食同源植物,其茎叶中富含迷迭香酸,具有较强的抗氧化及抑菌作用,在医药、食品工业等领域显示出了良好的应

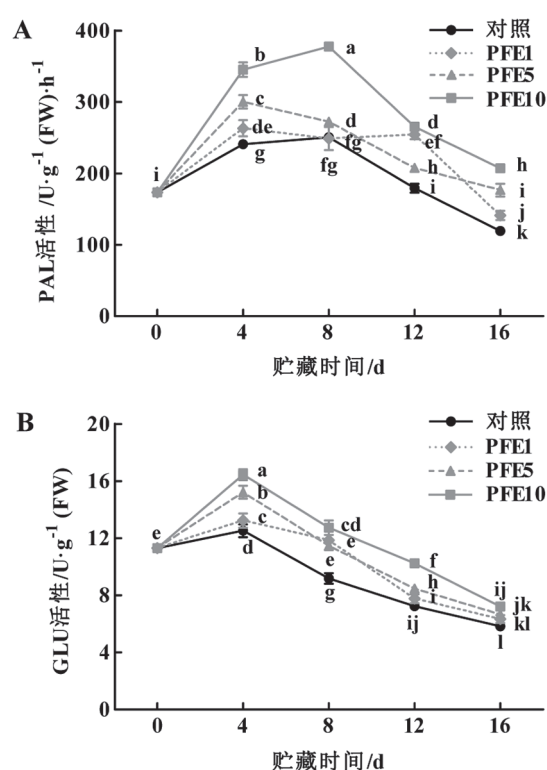


图6 不同浓度PFE处理后越橘果实内PAL (A)和GLU (B)活性的变化

Fig.6 Changes in PAL and GLU activities in blueberry fruit treated by different concentrations of PFE

用前景。研究表明,紫苏精油和PFE具有较强的抗氧化能力,能有效保持贮藏期果实品质,延长货架期(Tian等2014; Li等2018)。本实验分析了含有60%迷迭香酸的PFE对越橘果实贮藏品质的影响,结果表明,与对照相比,PFE处理可显著降低贮藏期间越橘果实腐烂率及失重率,提高果实硬度及TSS、维生素C、类黄酮、酚类等含量,较好地保持越橘的贮藏品质。

SOD、CAT及POD是植物体内主要的抗氧化酶,可以清除体内活性氧;PAL和GLU是植物体内重要防御酶,参与植物抗病及抗逆反应(Ji和Kuć 1996; Zhang等2011; 曹晶晶等2017)。本研究结果表明,PFE处理后,越橘果实SOD、POD、CAT和PAL、GLU等酶活性均呈先升高后下降趋势,且在整个贮藏期间均高于对照,10 g·L<sup>-1</sup>处理组与对照间差异显著。此外,PFE处理后,果实类黄酮、总酚及维生素C含量也得到提高,这表明PFE处理可

以刺激越橘果实抗氧化及防御系统,有助于抵御活性氧及自由基对细胞膜系统的伤害,增强越橘果实的抗病性,进而抑制越橘果实腐烂,保持果实品质,提高越橘果实保鲜效果。

以往研究发现,精油等植物提取物水平过高,会对果实产生药害,发生褐变(Arrebola 等2010; 吴新等2011),同时由于精油等具有光降解和氧化的缺点,限制了其在农业和食品工业中的使用。本研究结果发现,PFE的抑菌保鲜效果随PFE浓度增大而增强,本实验所用高浓度的PFE对越橘果实没有伤害,且效果稳定。本研究所用PFE主要成分是迷迭香酸,为紫苏叶片经水提获得,设备简单,操作方便,用于果实保鲜比精油具有更大的优势及潜力,具有广阔的市场开发及应用前景。此外,本研究仅采用提取物简单浸泡的方法,若附加成膜剂或与其他生物保鲜剂配合使用,可能会进一步提高其抑菌保鲜效果。

综上所述可见,PFE能够提高越橘自身防御能力,降低采后病害发生造成的损失,显著抑制越橘果实腐烂,保持贮藏品质,延长货架期。同时,由于PFE具有安全、环保、无残留等优点,因此在越橘果实保鲜上具较好的应用前景,有望成为采后保鲜的一种新方法。

### 参考文献(References)

- Arrebola E, Sivakumar D, Bacigalupo R, et al (2010). Combined application of antagonist *Bacillus amyloliquefaciens* and essential oils for the control of peach postharvest diseases. *Crop Prot*, 29 (4): 369–377
- Borges G, Degeneve A, Mullen W, et al (2010). Identification of flavonoid and phenolic antioxidants in black currants, blueberries, raspberries, red currants, and cranberries. *J Agr Food Chem*, 58: 3901–3909
- Cao JJ, Yu ZC, Zhang Y, et al (2017). Control efficiency of exogenous melatonin against postharvest apple grey mold and its influence on the activity of defensive enzymes. *Plant Physiol J*, 53 (9): 1753–1760 (in Chinese with English abstract) [曹晶晶, 于子超, 张颖等(2017). 外源褪黑素对苹果采后灰霉病的防效及防御酶活性的影响. *植物生理学报*, 53 (9): 1753–1760]
- Cao JK, Jiang WB, Zhao YM (2007). *Experiment Guidance of Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables*. Beijing: China Light Industry Press (in Chinese) [曹建康, 姜微波, 赵玉梅(2007). 果蔬采后生理生化实验指导. 北京: 中国轻工业出版社]
- Cao X, Zhang X, Zhao D, et al (2018). Effects of freezing conditions on quality changes in blueberries. *J Sci Food Agr*, 98 (12): 4673–4679
- Chiabrando V, Giacalone G (2011). Shelf-life extension of highbush blueberry using 1-methylcyclopropene stored under air and controlled atmosphere. *Food Chem*, 126 (4): 1812–1816
- Ji C, Kuć J (1996). Antifungal activity of cucumber  $\beta$ -1,3-glucanase and chitinase. *Physiol Mol Plant Pathol*, 49: 257–265
- Kong H, Zhou B, Hu X, et al (2018). Protective effect of perilla (*Perilla frutescens*) leaf essential oil on the quality of a surimi-based food. *J Food Process Pres*, 42: e13540
- Lee CW, Choi HM, Kim SY, et al (2015). Influence of *Perilla frutescens* var. *acuta* water extract on the shelf life and physicochemical qualities of cooked beef patties. *Korean J Food Sci An*, 35 (3): 389–397
- Li N, Zhang ZJ, Li XJ, et al (2018). Microcapsules biologically prepared using *Perilla frutescens* (L.) Britt. essential oil and their use for extension of fruit shelf life. *J Sci Food Agr*, 98: 1033–1041
- Lin LY, Peng CC, Wang HE, et al (2016). Active volatile constituents in *Perilla frutescens* essential oils and improvement of antimicrobial and anti-inflammatory bioactivity by fractionation. *J Essent Oil Bear Pl*, 19 (8): 1957–1983
- Liu HP, Hong CL, Li R, et al (2016). Effects of iodide ( $I^-$ ) on *Capsicum annuum* and tomato fruit quality and their antioxidant enzyme activities. *Plant Physiol J*, 52 (12): 1842–1850 (in Chinese with English abstract) [刘会萍, 洪春来, 李睿等(2016). 碘离子( $I^-$ )对辣椒和番茄果实品质及抗氧化酶活性的影响. *植物生理学报*, 52 (12): 1842–1850]
- Miles TD, Gillett JM, Jarosz AM, et al (2013). The effect of environmental factors on infection of blueberry fruit by *Colletotrichum acutatum*. *Plant Pathol*, 62: 1238–1247
- Mohammadi A, Hashemi M, Hosseini SM (2015). The control of Botrytis fruit rot in strawberry using combined treatments of chitosan with *Zataria multiflora* or *Cinnamomum zeylanicum* essential oil. *J Food Sci Technol*, 52 (11): 7441–7448
- Neto CC (2007). Cranberry and blueberry: evidence for protective effects against cancer and vascular diseases. *Mol Nutr Food Res*, 51 (6): 652–664
- Pane C, Fratianni F, Parisi M, et al (2016). Control of *Alternaria* post-harvest infections on cherry tomato fruits by wild pepper phenolic-rich extracts. *Crop Prot*, 84: 81–87
- Qin S, Xia X, An L (2017). Isolation and identification of latent pathogenic fungi in blueberry fruits. *North Hortic*, (18): 41–48 (in Chinese with English abstract) [秦士维,

- 夏秀英, 安利佳(2017). 蓝莓果实潜伏侵染病原真菌的分离与鉴定. 北方园艺, (18): 41–48]
- Rivera SA, Zoffoli JP, Latorre BA (2013). Infection risk and critical period for the postharvest control of gray mold (*Botrytis cinerea*) on blueberry in Chile. *Plant Dis*, 97 (8): 1069–1074
- Rongai D, Sabatini N, Pulcini P, et al (2018). Effect of pomegranate peel extract on shelf life of strawberries: computational chemistry approaches to assess antifungal mechanisms involved. *J Food Sci Technol*, 55 (7): 2702–2711
- Stull AJ, Cash KC, Johnson WD, et al (2010). Bioactives in blueberries improve insulin sensitivity in obese, insulin-resistant men and women. *J Nutr*, 140 (10): 1764–1768
- Sun Q, Zhang J, Yang Y, et al (2017). Inhibition of *Perilla frutescens* and *Mentha haplocalyx* extracts against *Gloeosporium theae sinensis*. *Chin Plant Prot*, 37 (5): 18–22 (in Chinese with English abstract) [孙钦玉, 张家侠, 杨云等(2017). 紫苏和薄荷提取物对茶炭疽病菌(*Gloeosporium theae sinensis*)的抑制作用. 中国植保导刊, 37 (5): 18–22]
- Sun S, Gao H, Xiong T, et al (2018). The effect of *Galla chinensis* extract on postharvest disease and storage quality of blueberry. *Sci Silv Sin*, 54 (6): 53–62 (in Chinese with English abstract) [孙莎, 郜海燕, 熊涛等(2018). 五倍子提取液对蓝莓采后病害和品质的影响. 林业科学, 54 (6): 53–62]
- Tian J, Zeng XB, Zhang S, et al (2014). Regional variation in components and antioxidant and antifungal activities of *Perilla frutescens* essential oils in China. *Ind Crop Prod*, 59: 69–79
- Wang CY, Wang SY, Chen C (2008). Increasing antioxidant activity and reducing decay of blueberries by essential oils. *J Agr Food Chem*, 56 (10): 3587–3592
- Wu X, Jin P, Kong FY, et al (2011). Effect of essential oils on postharvest decay and quality of strawberry fruits. *Food Sci*, 32 (14): 323–327 (in Chinese with English abstract) [吴新, 金鹏, 孔繁渊等(2011). 植物精油对草莓果实腐烂和品质的影响. 食品科学, 32 (14): 323–327]
- Yang G, Yue J, Gong X, et al (2014). Blueberry leaf extracts incorporated chitosan coatings for preserving postharvest quality of fresh blueberries. *Postharvest Biol Tec*, 92 (2): 46–53
- Yu LL, Cao ZQ, Zhu CJ, et al (2015). Effects of salicylic acid treatment at different concentrations on postharvest storage of strawberry. *Plant Physiol J*, 51 (11): 2047–2053 (in Chinese with English abstract) [余璐璐, 曹中权, 朱春娇等(2015). 不同浓度水杨酸处理对草莓采后保鲜的影响. 植物生理学报, 51 (11): 2047–2053]
- Zhang Z, Bi Y, Ge Y, et al (2011). Multiple pre-harvest treatments with acibenzolar-S-methyl reduce latent infection and induce resistance in muskmelon fruit. *Sci Hortic*, 130: 126–132
- Zhu Y, Yu J, Brecht JK, et al (2016). Pre-harvest application of oxalic acid increases quality and resistance to *Penicillium expansum* in kiwifruit during postharvest storage. *Food Chem*, 190: 537–543

## Effect of *Perilla frutescens* extract treatment on the quality of *Vaccinium corymbosum* fruit during storage

DAI Peng-Hui<sup>1</sup>, HOU Kai<sup>2</sup>, XIA Xiu-Ying<sup>1,\*</sup>, AN Li-Jia<sup>1</sup>

<sup>1</sup>School of Life Science and Technology, Dalian University of Technology, Dalian, Liaoning 116024, China

<sup>2</sup>College of Agronomy, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China

**Abstract:** To investigate the effect of *Perilla frutescens* extract (PFE) on the storage quality of blueberry (*Vaccinium corymbosum*) fruit, the dynamic changes of fruit quality-related indexes during storage were determined after the fruits were soaked with different concentrations of PFE (containing 60% rosmarinic acid). The results show that the fruit firmness and contents of total soluble solids (TSS), vitamin C, flavonoids and total phenols in the fruit treated with 5 and 10 g·L<sup>-1</sup> PFE were significantly higher than those of the control, while the fruit decay rate and weight loss rate were significantly lower than the control. In addition, PFE treatments increased the activities of superoxide dismutase (SOD), peroxidase (POD), catalase (CAT), phenylalanine ammonia-lyase (PAL) and  $\beta$ -1,3-glycanase (GLU). It is indicated that PFE reduced the fruit decay rate and delayed the decline of fruit quality during storage by enhancing the antioxidation and defense abilities of the fruit itself, and then achieved the effect on blueberry fruit preservation.

**Key words:** *Perilla frutescens* extract; rosmarinic acid; postharvest preservation of blueberry; defense-related enzyme

---

Received 2019-01-09 Accepted 2019-03-16

\*Corresponding author (xx47@dlut.edu.cn).