

doi:10.11937/bfyy.20172151

# 纳米膜包装对菠菜采后贮藏品质的影响

史君彦, 左进华, 高丽朴, 郑秋丽, 王 清

(北京市农林科学院 蔬菜研究中心, 农业部蔬菜产后处理重点实验室, 果蔬农产品保鲜与加工北京市重点实验室, 农业部华北地区园艺作物生物学与种质创制重点实验室, 农业部都市农业(北方)重点实验室, 北京 100097)

**摘 要:**以菠菜为试材,采用纳米膜(银系列)包装的方法,研究其对菠菜采后贮藏品质的影响。结果表明:在 $(20\pm 1)^{\circ}\text{C}$ 贮藏,纳米膜包装有效维持菠菜在贮藏期间的感官品质、色泽和失重,延缓叶绿素和维生素C含量的降低,抑制丙二醛(MDA)含量的积累,同时增强了抗坏血酸过氧化物酶(APX)、过氧化物酶(POD)和过氧化氢酶(CAT)活性,减轻了活性氧对组织的损伤。因此,纳米膜(银系列)包装可有效地保持菠菜采后贮藏品质。

**关键词:**纳米膜;菠菜;色差;丙二醛(MDA);抗坏血酸过氧化物酶(APX)

**中图分类号:**S 636.109<sup>+</sup>.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)23-0181-06

菠菜(*Spinacea oleracea*)属耐寒性绿叶类蔬菜,又名波斯菜、赤根菜、鹦鹉菜等,是我国早春淡季供应的一种主要蔬菜<sup>[1]</sup>。菠菜有“营养模范生”之称,它富含类胡萝卜素、维生素C、维生素K、矿物质(钙质、铁质等)、辅酶Q10等多种营养素,具有较高的营养价值和保健功能<sup>[2]</sup>。但菠菜采后极易失水萎蔫,在贮藏过程中腐烂和黄化亦是影响其品质的重要因素。因此,寻求适宜的贮藏保鲜技术是延长菠菜保鲜期的有效方式。

塑料薄膜包装可有效的延缓果蔬水分的损失<sup>[3]</sup>,保持其新鲜品质。纳米包装材料是塑料包装材料的一种,其存在透气性能不稳定、无防霉功

能等问题,但在纳米材料中加入少量金属离子可提高其性能,如纳米 $\text{SiO}_2$ 、PVA/MC纳米纤维膜和纳米银等<sup>[4-6]</sup>,其中含银的纳米保鲜膜具有较好的杀菌作用,对黄瓜<sup>[7]</sup>、生菜<sup>[8]</sup>、双孢菇<sup>[9]</sup>等均能起到较好的保鲜效果。该试验采用纳米保鲜膜(银系列)包装菠菜,研究 $(20\pm 1)^{\circ}\text{C}$ 条件下,功能性纳米保鲜材料对菠菜采后贮藏品质的影响,为功能性保鲜膜的研究及其应用提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试菠菜采购于北京超市发连锁有限公司,挑选无机械伤、无黄化、无腐烂、无病虫害,完好的菠菜作为试材。

保鲜膜:CK,厚度为0.03 mm PE膜, $\text{O}_2$ 和 $\text{CO}_2$ 透气系数分别为 $1.01 \times 10^4$ 、 $4.82 \times 10^4 \text{ mL} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{d} \cdot \text{atm})^{-1}$ ,北京华盾雪花有限公司;纳米膜:0.03 mm纳米银保鲜膜, $\text{O}_2$ 和 $\text{CO}_2$ 透气系数分别为 $1.21 \times 10^6$ 、 $2.03 \times 10^4 \text{ mL} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{d} \cdot \text{atm})^{-1}$ ,山西省农业科学院提供。

### 1.2 试验方法

将挑选的菠菜放置在白色塑料小筐中,每筐放置约0.5 kg,然后用保鲜膜抵口包装。处理:采用0.03 mm纳米(银系列)保鲜膜包装;对照:

**第一作者简介:**史君彦(1988-),女,硕士,现主要从事农产品贮藏保鲜等研究工作。E-mail: shijunyan0130@126.com.

**责任作者:**王清(1979-),女,博士,副研究员,现主要从事农产品贮藏与加工等研究工作。E-mail: wangqing@nercv.org.

**基金项目:**国家大宗蔬菜产业体系建设资助项目(CARS-25);国家重点研发计划资助项目(2016YFD0400901);国家自然科学基金资助项目(31401536);西北非耕地园艺作物生态高效生产技术与示范资助项目(201203095);北京市农林科学院青年基金资助项目(QN-JJ201709)。

**收稿日期:**2017-07-10

采用 0.03 mm PE 膜包装。2 处理均放置在  $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$  下贮藏,每天进行感官调查,每隔 2 d 取样进行生理指标测定。

### 1.3 项目测定

感官评定采用 FAN 等<sup>[10]</sup>和谢品等<sup>[1]</sup>的方法稍作修改,有 9 人组成品评小组,对各处理的菠菜进行评判,采取 9 分制:9 分,各项指标较好(新鲜、翠绿);7 分,稍有变化(叶片稍有萎蔫、色泽不鲜亮);5 分,商品性下降明显(叶片不同程度黄化、叶边缘卷曲、色泽暗淡,达商品性极限);3 分,食用价值降低(叶片黄化达 50%,失水萎蔫,部分出现腐烂);1 分,腐烂变质。

色差采用 CR-400 全自动测色色差计测定。失重率测定采用差量法<sup>[11]</sup>:失重率(%)=(初始质量-最终质量)/初始质量 $\times 100$ 。叶绿素含量测定采用 SHI 等<sup>[12]</sup>的方法,样品组织用丙酮:乙醇(2:1)溶液提取,然后测定 663 nm 和 645 nm 处吸光值。维生素 C 含量测定采用钼酸铵比色法<sup>[13]</sup>。丙二醛(MDA)含量测定采用硫代巴比妥酸法<sup>[14]</sup>。抗坏血酸过氧化物酶(APX)、过氧化物酶(POD)和过氧化氢酶(CAT)活性测定均采用曹建康等<sup>[15]</sup>的方法。

### 1.4 数据分析

采用 Office 2007 统计分析软件进行基础数据整理,利用 Origin 8.5 软件分析与作图,利用 IBM SPSS Statistics 19 软件对数据进行差异显著性检验( $P < 0.05$ )。

## 2 结果与分析

### 2.1 纳米膜包装对菠菜感官品质的影响

感官评定是用于唤起、测量、分析和解释产品感官特性的一种科学方法,可以用以确定商品的价值,甚至它的可接受性。由图 1 可知,菠菜贮藏过程中感官品质逐渐下降,感官评分值逐渐降低,其中纳米膜包装感官评分值失重率高于对照,贮藏 4 d 后,2 组处理间出现显著差异( $P < 0.05$ ),贮藏至 6 d 时,对照感官评分值为 5 分,达到商品极限,而纳米膜包装贮藏至 8 d 时才达到商品极限值,这说明纳米膜包装可有效地维持菠菜的感官品质,抑制其感官评分值的下降。

### 2.2 纳米膜包装对菠菜色泽的影响

菠菜在贮藏过程中除出现萎蔫、腐烂等现象

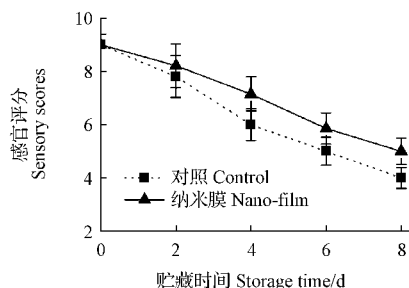


图 1 纳米膜包装对菠菜感官品质的影响

Fig. 1 Effect of nano-film packaging on the sensory quality of spinach

外,色泽变化亦是其感官品质变化的直接指标之一。 $L$  值表示亮度值,其值越大,表明菠菜的叶片色泽鲜亮、翠绿。 $a^*$  值表示红绿色,正值表示偏红,负值表示偏绿,新鲜菠菜的  $a^*$  值为负值,随着贮藏时间的延长,叶片逐渐黄化, $a^*$  值增加<sup>[16]</sup>。由图 2 可知,菠菜在贮藏期间  $L$  值呈下降的趋势,而  $a^*$  值呈现逐渐升高的趋势,说明随着贮藏时间的延长,菠菜的色泽逐渐变暗,亮度  $L$  值逐渐降低,叶片逐渐失绿褪色, $a^*$  值逐渐增加,贮藏至 6 d 后,从菠菜叶边缘位置开始出现不同程度的黄化现象,而纳米膜包装延缓亮度  $L$  值的下降和  $a^*$  值的升高,维持菠菜较好的色泽品质。

### 2.3 纳米膜包装对菠菜失重率的影响

失重是果蔬贮藏过程中限制其货架期的一个重要因素<sup>[17]</sup>,菠菜在贮藏过程中水分流失会导致萎蔫,严重影响其感官品质和商品性。由图 3 可知,菠菜在贮藏过程中失重率呈上升的趋势,贮藏至 2 d 时,对照失重率达 1.32%,然后迅速升高,纳米膜处理失重率仅为 0.47%,显著低于对照;贮藏末期,对照失重率达 4.20%,纳米膜处理仅为 2.60%,说明纳米膜包装可有效的延缓菠菜贮藏期间水分的流失,维持较好的品质。

### 2.4 纳米膜包装对菠菜叶绿素含量的影响

叶绿素是菠菜保持新绿色的主要因素,随着贮藏时间的延长,叶绿素逐渐被降解,菠菜叶片出现转黄现象。由图 4 可知,菠菜在贮藏期间叶绿素含量呈下降趋势,其中对照叶绿素含量下降迅速,纳米膜包装延缓了叶绿素含量的下降,贮藏 4 d 后,纳米膜包装叶绿素含量显著高于对照( $P < 0.05$ );贮藏末期,纳米膜包装比对照高 22.55%,

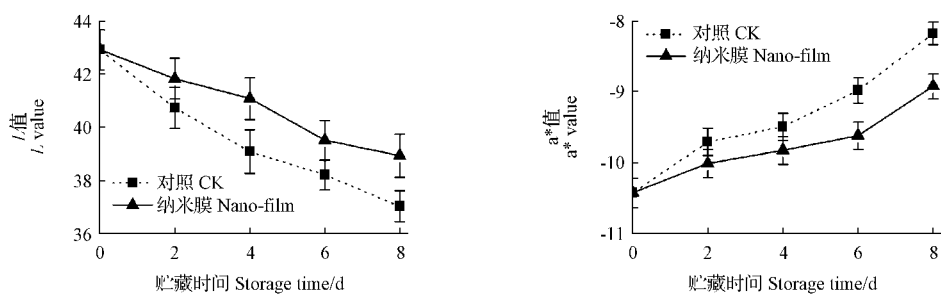


图 2 纳米膜包装对菠菜色泽的影响

Fig. 2 Effect of nano-film packaging on the color of spinach

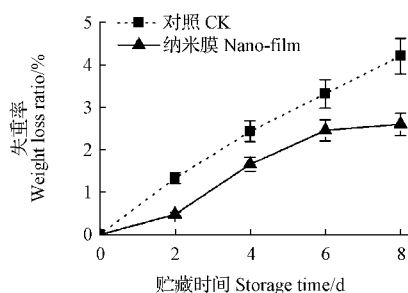


图 3 纳米膜包装对菠菜失重率的影响

Fig. 3 Effect of nano-film packaging on the weight loss ratio of spinach

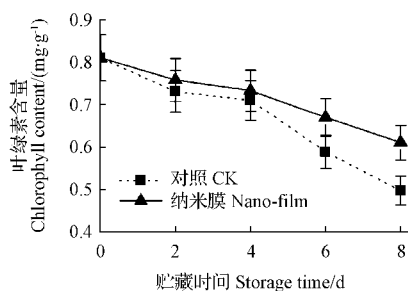


图 4 纳米膜包装对菠菜叶绿素含量的影响

Fig. 4 Effect of nano-film packaging on the chlorophyll content of spinach

说明纳米膜包装可有效地延缓菠菜贮藏期间叶绿素含量的降解,维持较好的品质。

## 2.5 纳米膜包装对菠菜维生素 C 含量的影响

维生素 C 是菠菜中含有的一种重要营养成分<sup>[18]</sup>。由图 5 可知,菠菜在贮藏过程中维生素 C 含量逐渐降低,其中对照维生素 C 含量下降迅速,纳米膜包装维生素 C 含量下降缓慢,贮藏 2 d 后,对照维生素 C 含量显著低于纳米膜包装( $P <$

0.05);贮藏末期,对照维生素 C 含量比纳米膜包装低 28.04%,说明纳米膜包装可有效延缓维生素 C 含量的降低,抑制菠菜营养物质的降解,维持较好的营养品质。

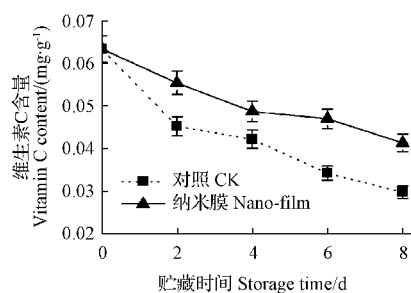


图 5 纳米膜包装对菠菜维生素 C 含量的影响

Fig. 5 Effect of nano-film packaging on the vitamin C content of spinach

## 2.6 纳米膜包装对菠菜丙二醛 (MDA) 含量的影响

MDA 是植物组织膜脂质过氧化的主要产物,其含量是膜脂质过氧化和膜的氧化损伤的指标<sup>[19]</sup>。由图 6 可知,菠菜在贮藏期间 MDA 含量逐渐积累,其中对照 MDA 含量显著高于纳米膜包装( $P < 0.05$ ),贮藏 4~8 d,对照 MDA 含量比纳米膜包装分别高 27.02%、29.42%和 18.34%,说明纳米膜包装可抑制菠菜贮藏过程中 MDA 含量的积累,抑制膜脂质过氧化反应,维持细胞膜的完整性。

## 2.7 纳米膜包装对菠菜抗坏血酸过氧化物酶 (APX) 和过氧化物酶 (POD) 活性的影响

APX 是以抗坏血酸为电子供体的专一性强的过氧化物酶,能催化抗坏血酸与过氧化氢 ( $H_2O_2$ ) 发生氧化-还原反应,使抗坏血酸被氧化

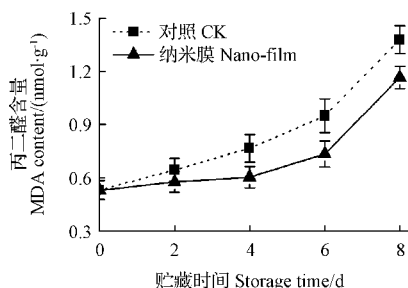


图6 纳米膜包装对菠菜 MDA 含量的影响

Fig. 6 Effect of nano-film packaging on the MDA content of spinach

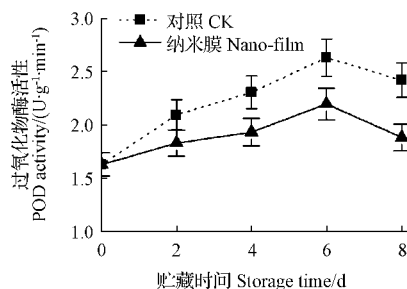
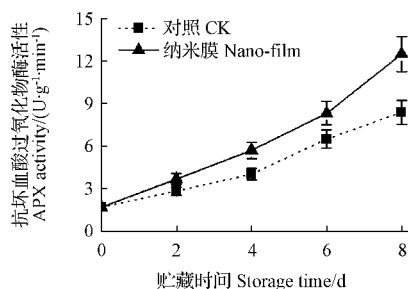


图7 纳米膜包装对菠菜 APX 和 POD 活性的影响

Fig. 7 Effect of nano-film packaging on APX and POD activities of spinach

理间存在显著差异 ( $P < 0.05$ ), 贮藏至 6 d 时, POD 活性达到峰值, 对照 POD 活性比纳米膜处理低 16.53%, 说明纳米膜包装亦可增强 POD 活性, 减轻活性氧自由基对菠菜组织的损伤。

## 2.8 纳米膜包装对菠菜过氧化氢酶 (CAT) 活性的影响

CAT 普遍存在于植物体的所有组织中, 可催化  $H_2O_2$  分解为水和氧气, 消除衰老过程中  $H_2O_2$  积累对组织的损害作用<sup>[21]</sup>。由图 8 可知, 菠菜在贮藏过程中 CAT 活性呈先降低后升高的趋势, 其中对照 CAT 活性始终低于纳米膜处理, 贮藏 2 d 后, 2 组处理间呈现显著差异 ( $P < 0.05$ ), 贮藏 4~8 d 时, 纳米膜处理 CAT 活性比对照分别高 20.33%、18.52% 和 21.27%, 这说明纳米膜处理可增强菠菜贮藏期间 CAT 活性, 增强其抗氧化水平, 减轻过量  $H_2O_2$  对菠菜组织的氧化损伤。

形成单脱氢抗坏血酸, 同时  $H_2O_2$  被分解清除<sup>[15]</sup>。POD 是在果蔬代谢中最常见的抗氧化酶, 能清除细胞组织中的  $H_2O_2$  和脂类氢过氧化物, 维持活性氧的代谢平衡, 其活性水平与菠菜的衰老亦密切相关<sup>[20]</sup>。由图 7 可知, 菠菜在贮藏过程中 APX 活性逐渐升高, 其中对照 APX 活性小于纳米膜包装, 贮藏 4 d 后, 2 组处理间差异显著 ( $P < 0.05$ ), 这说明纳米膜包装可增强菠菜贮藏期间 APX 活性, 增强其抗氧化能力。

由图 7 还可知, 菠菜贮藏期间 POD 活性呈先升高后下降的趋势, 其中对照 POD 活性始终低于纳米膜处理, 在整个贮藏过程中, 对照与纳米膜处

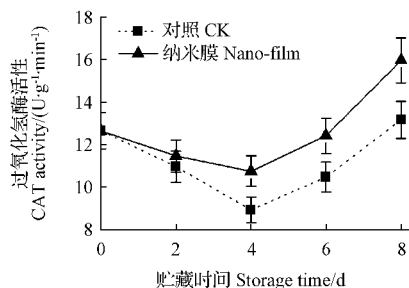


图8 纳米膜包装对菠菜 CAT 活性的影响

Fig. 8 Effect of nano-film packaging on CAT activity of spinach

## 3 讨论与结论

适宜的保鲜膜包装可以抑制菠菜失重率的增加、叶绿素的降解和感官品质的下降, 减少营养成分损失, 延长其货架寿命<sup>[23]</sup>。含银纳米保鲜膜能较好的保持生菜贮藏过程中的感官品质和营养成分, 延缓其品质劣变过程, 延长其货架期<sup>[8]</sup>。纳米

银保鲜膜可有效保持黄瓜贮藏期间的营养品质,增强其抗氧化酶活性,延缓其黄化衰老<sup>[7]</sup>。果实衰老与细胞膜完整性的破坏和抗氧化酶活性相关,膜的损失表现为失去选择透性,而丙二醛(MDA)含量反应膜质过氧化程度,数值升高表示膜质过氧化水平升高,衰老加速<sup>[22]</sup>,而抗氧化酶活性增强可延缓果蔬的后熟衰老<sup>[23]</sup>。

该结果表明,在(20±1)℃贮藏,纳米膜包装处理可有效维持菠菜的感官品质、色泽、失重等品质,以及叶绿素、维生素C等营养物质的含量,延缓MDA积累,维持细胞膜的完整性,增强抗氧化酶APX、POD和CAT活性,减轻活性氧自由基对菠菜组织的损伤,较好的维持了菠菜的贮藏品质。因此,功能性纳米膜(银系列)包装可有效维持菠菜的贮藏品质,起到较好的保鲜作用。

## 参考文献

- [1] 谢品,刘敏.真空预冷和贮藏温度对菠菜品质的影响[J].江苏农业学报,2010,26(5):1060-1063.
- [2] 金文武,董姻然,岳溪,等.乳酸钙处理对鲜切菠菜生理化的影响[J].食品工业科技,2013,34(19):303-307.
- [3] 朱军伟,谢品,林永艳,等.贮藏温度对薄膜包装菠菜品质的影响[J].食品与机械,2011,27(6):219-221.
- [4] 郑优,陈超,黄艳斌,等.纳米级食品保鲜膜的研究进展[J].食品科学,2012,33(15):303-306.
- [5] 张宏宏,杜俊娟.PVA/MC纳米纤维膜的制备与吸水性、保水性研究[J].化工时刊,2008,22(10):16-20.
- [6] 史君彦,高丽朴,左进华,等.纳米膜和PVC膜包装对西兰花贮藏保鲜的影响[J].食品工业科技,2016(19):255-258,266.
- [7] 史君彦,高丽朴,左进华,等.纳米银保鲜膜包装对黄瓜保鲜效果的影响[J].食品工业,2017(1):109-112.
- [8] 马宁,石学彬,方勇,等.纳米包装材料对生菜保鲜品质的影响[J].食品科学,2012,33(18):281-285.
- [9] 杨文建,单楠,杨芹,等.纳米包装材料延长双孢蘑菇贮藏品质的作用[J].中国农业科学,2012,45(24):5065-5072.
- [10] FAN L L, SHI J Y, ZUO J H, et al. Methyl jasmonate delays postharvest ripening and senescence in the non-climacteric eggplant (*Solanum melongena* L.) fruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 2016, 120: 76-83.
- [11] MASSOLO J F, CONCELLÓN A, CHAVES A R, et al. 1-Methylcyclopropene (1-MCP) delays senescence, maintains quality and reduces browning of non-climacteric eggplant (*Solanum melongena* L.) fruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 2011, 59(1): 10-15.
- [12] SHI J Y, GAO L P, ZUO J H, et al. Exogenous sodium nitroprusside treatment of broccoli florets extends shelf life, enhances antioxidant enzyme activity, and inhibits chlorophyll degradation[J]. Postharvest Biology and Technology, 2016, 116: 98-104.
- [13] 张洪军,潘艳娟,王建清.大蒜/肉桂精油复配PE膜对双孢菇的保鲜研究[J].包装与食品机械,2015,33(4):21-25.
- [14] WU Z C, LU S, ZHAO J, et al. Comparative responses to silicon and selenium in relation to antioxidant enzyme system and the glutathione-ascorbate cycle in flowering Chinese cabbage (*Brassica campestris* L.) under cadmium stress[J]. Environmental and Experimental Botany, 2017, 133: 1-11.
- [15] 曹建康,姜微波,赵玉梅.果蔬采后生理生化实验指导[M]. 2版.北京:中国轻工业出版社,2011.
- [16] 田莹,侯建设,李丹.不同冷藏温度对采后菠菜叶片衰老和活性氧代谢的影响[J].保鲜与加工,2013,13(1):9-14.
- [17] RODON L M, ZARO M J, HASPERUÉ J H, et al. UV-C treatments extend the shelf life of fresh-cut peppers by delaying pectin solubilization and inducing local accumulation of phenolics[J]. LWT-Food Science and Technology, 2015, 63: 408-414.
- [18] DEWHIRST R A, CLARKSON G J J, ROTHWELL S D, et al. Novel insights into ascorbate retention and degradation during the washing and post-harvest storage of spinach and other salad leaves[J]. Food Chemistry, 2014, 233: 237-246.
- [19] ZHENG P, BAI X G, LONG J, et al. Nitric oxide enhances the nitrate stress tolerance of spinach by scavenging ROS and RNS[J]. Scientia Horticulturae, 2016, 213: 24-33.
- [20] 史君彦,高丽朴,左进华,等.不同保鲜膜包装对青椒保鲜效果的影响[J].北方园艺,2016(18):131-135.
- [21] 丁天,史君彦,王清,等.水杨酸对青椒抗冷性的影响[J].北方园艺,2014(9):154-158.
- [22] 王帅,王海波,王孝娣,等.施硒和6-BA对葡萄叶片衰老与活性氧代谢的影响[J].果树学报,2015(2):206-214.
- [23] 刘群龙,王朵,吴国良,等.硒对酥梨叶片衰老及抗氧化酶系统的影响[J].园艺学报,2011,38(11):2059-2066.

## Effect of Nano-film Packaging on Storage Quality of Postharvest Spinach

SHI Junyan, ZUO Jinhua, GAO Lipu, ZHENG Qiuli, WANG Qing

(Beijing Vegetable Research Center, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences/Key Laboratory of the Vegetable Postharvest Treatment of Ministry of Agriculture/Beijing Key Laboratory of Fruits and Vegetable Storage and Processing/Key Laboratory of Biology and Genetic Improvement of Horticultural Crops (North China), Ministry of Agriculture/Key Laboratory of Urban Agriculture (North), Ministry of Agriculture, Beijing 100097)

# 蓝靛果忍冬果实氨基酸含量和组分分析

李金英, 刘子平, 赵春莉

(吉林农业大学 园艺学院, 吉林 长春 130118)

**摘要:**以3种蓝靛果忍冬果实为试材,利用氨基酸自动分析仪对其果实的氨基酸组分及含量进行检测分析。结果表明:3种蓝靛果忍冬果实均含有17种氨基酸,且不同种氨基酸的含量不同。野生蓝靛果忍冬(Ey)果实氨基酸含量明显高于引进的栽培品种“瓦休卡恩斯卡娅”(E4)和“贝瑞尔”(E8)。蓝靛果忍冬果实中的氨基酸种类较多,基本接近联合国粮农组织和世界卫生组织(WHO/FAO)推荐模式,氨基酸种类及组分比例合理,蓝靛果忍冬具有很大的开发利用价值。

**关键词:**蓝靛果忍冬;果实;氨基酸

**中图分类号:**S 663.901 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)23-0186-04

蓝靛果忍冬(*Lonicera caerulea* L.)属忍冬科(Caprifoliaceae)忍冬属(*Lonicera* Linn.)植物,俗称野葡萄、黑瞎子果、蓝靛果等,种类有200多种<sup>[1]</sup>。蓝靛果忍冬是一种多年生灌木,适应能力

强,国内外分布均较广。果实味酸甜,富含营养物质,含有大量花青素、矿物质和维生素等<sup>[2-3]</sup>,为优良蜜源树种,可供观赏和入药等<sup>[4-5]</sup>。

蓝靛果忍冬在中国有比较丰富的资源,但已出现资源逐渐减少的趋势<sup>[6]</sup>。近年来对其开展了品种选育<sup>[7-8]</sup>、引种驯化<sup>[9-10]</sup>及产品加工<sup>[3,11]</sup>等方面的研究,而关于蓝靛果忍冬果实氨基酸及其含量的报道较少。该研究以3种蓝靛果忍冬果实为试材,对其氨基酸组分及营养价值进行分析,进而深入探讨其内在品质,挖掘其食用和药用方面的价值,以期为其在食品、保健上的开发利用提供科学依据。

**第一作者简介:**李金英(1978-),女,博士,讲师,现主要从事植物组织培养及资源等研究工作。E-mail:li\_jy78@163.com.

**责任作者:**赵春莉(1973-),女,硕士,副教授,硕士生导师,现主要从事园林植物生物技术及资源等研究工作。E-mail:461903887@qq.com.

**基金项目:**吉林农业大学博士科研启动基金资助项目(201626)。

**收稿日期:**2017-07-14

**Abstract:** Spinach was taken as test material, the effect of nano-film (silver series) packaging on the storage quality of postharvest spinach. The results showed that nano-film packaging effectively maintained the storage quality, color and loss weight during the storage period at  $(20 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ . The decrease of chlorophyll content and vitamin C content were delayed and the accumulation of MDA content was inhibited. Meanwhile, the antioxidant enzyme activities of ascorbate oxidase (APX), peroxidase (POD) and catalase (CAT) were enhanced and the damage of reactive oxygen species was reduced. Thus, the nano-film packaging could effectively maintain the storage quality of postharvest spinach.

**Keywords:** nano-film; spinach; color; malondialdehyde (MDA); ascorbate oxidase (APX)