

纳米膜和 PVC 膜包装 对西兰花贮藏保鲜的影响

史君彦,高丽朴,左进华,范林林,夏春丽,王清*

(北京市农林科学院蔬菜研究中心,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:为探究纳米膜和 PVC 膜对西兰花的保鲜作用,分别采用 0.03 mm 厚的纳米膜、PVC 膜和 0.04 mm PE 膜(CK)包装西兰花,于常温下贮藏,对其感官、生理指标和营养指标进行测定。结果表明:室温下贮藏,纳米膜和 PVC 膜包装有效延缓了西兰花外观品质、水分及 TSS、V_C、叶绿素等营养物质含量的下降;纳米膜和 PVC 膜包装可显著抑制西兰花的黄化及 MDA 积累,增强西兰花 POD 和 CAT 活性。这说明纳米膜和 PVC 膜包装对西兰花的保鲜效果有显著影响,PVC 膜包装的西兰花保鲜效果更好。

关键词:西兰花,纳米膜,黄化

Effect of nanofilm and PVC film packaging on preservation of broccoli during the storage

SHI Jun-yan, GAO Li-pu, ZUO Jin-hua, FAN Lin-lin, XIA Chun-li, WANG Qing*

(Vegetable Research Center, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences; Key Lab. of Beijing, Agricultural Products of fruit and vegetable Postharvest and Process; Key Lab. of Ministry Agriculture, North China, of Horticulture Corp Biology and Germplasm; Key Lab. of Urban Agriculture (North) Ministry of Agriculture, Beijing 100097, China)

Abstract: To study the preservation of broccoli, the broccoli heads were packaged by 0.03 mm nanofilm, PVC and 0.04 mm PE film (CK) and the sensory quality, physiological and nutritional index during the ambient temperature storage were measured. The results showed that nanofilm and PVC film both effectively delayed the decline of nutrient content, including appearance index, water, TSS, chlorophyll, V_C and soluble protein. The nanofilm and PVC film packaging significantly suppressed the yellowing and accumulation of MDA content, and enhanced the POD and CAT activities. Therefore, the effect of broccoli preservation by nanofilm and PVC film packaging was significant, the preservation of broccoli by PVC film packaging was better.

Key words: broccoli; nanofilm; yellowing

中图分类号: TS255.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2016)19-0255-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2016.19.041

西兰花 (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Planch) 又名绿菜花、青花菜,含有丰富的维生素、抗氧化物质及抗癌物质。但西兰花采后不宜贮藏,常温条件下极易衰老黄化、腐烂变质^[1-2]。目前,西兰花常用的贮藏保鲜方法有冰温贮藏、气调贮藏、化学保鲜和物理保鲜^[3-5]。但这些方法或者操作较繁琐,成本高,或者如化学试剂会对人体产生危害。因此寻求简单、方便易操作、无毒害的保鲜技术尤为重要。利用膜的半透性自发调节膜内气体成分,达到延长贮藏保鲜期目的的保鲜膜包装技术,具有简单、无毒、易

操作的特点^[6]。

纳米保鲜膜是用几何尺寸达纳米级(1~100 nm)的材料制备,并具有特殊性能的保鲜膜,而含银纳米膜具有杀菌作用^[7-8],对生菜^[7]、双孢菇^[8]等均起到较好的保鲜效果。PVC 膜是一种以聚氯乙烯为主要成分的高分子材料,在樱桃^[9]、嫩鲜蒜^[10]等贮藏过程中均具有较好的保鲜作用。本研究采用纳米膜(银系列)、PVC 膜包装西兰花,研究室温(20~25 °C)条件下保鲜膜包装处理对西兰花贮藏保鲜效果的影响,为保鲜膜包装处理西兰花的研究提供一定的理论

收稿日期: 2015-12-16

作者简介: 史君彦(1988-),女,硕士,科研助理,研究方向:农产品贮藏保鲜, E-mail: shijunyan0130@126.com。

* 通讯作者: 王清(1979-),女,博士,副研究员,研究方向:农产品贮藏保鲜与加工, E-mail: wangqing@nrcv.org。

基金项目: 国家大宗蔬菜产业体系建设项目(CARS-25),西北非耕地园艺作物生态高效生产技术研究示范(201203095),北京市农林科学院青年基金(201404);国家自然科学基金(青年基金)(31101364)。

依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

供试的西兰花品种为“优秀”，采自河北尚义，当日运回实验室，挑选无病虫害、无机械伤、完整、大小均一、成熟度基本一致的西兰花作为试材。

保鲜膜:CK,0.04 mm PE膜, O_2 和 CO_2 透气系数分别为 1.01×10^4 、 4.82×10^4 mL/($m^2 \cdot d \cdot atm$),北京华盾雪花有限公司;纳米膜:0.03 mm 纳米银保鲜膜, O_2 和 CO_2 透气系数分别为 1.21×10^6 、 2.03×10^4 mL/($m^2 \cdot d \cdot atm$)山西农科院提供;PVC膜,0.03 mm膜, O_2 和 CO_2 透气系数分别为 0.721×10^6 、 0.43×10^4 mL/($m^2 \cdot d \cdot atm$)天津农科院提供。

KOITO-PCLH 冷库 日本;CYYL-36 型压差预冷通风设备;UV-1800 分光光度计 岛津;-80 °C 冰箱 日本 SANYO;D-37520 冷冻离心机 德国 Sigma 有限公司;磁力搅拌器 日本 NISSN;PH 测量仪, HANNA PH211;手持式折光仪 PN007529 型。

1.2 实验处理

将挑选的西兰花均分为3组,分别用PE膜、纳米膜和PVC膜包装,然后将保鲜膜袋开口重合向下弯曲折叠,然后置于室温(20~25 °C)下暗处贮藏。每天进行感官检查,且取样一次,样品取西兰花的小花组织。

1.3 指标测定

外观品质评定:采用文献[11]的方法,由6人组成的品评小组人员评判各处理的保鲜效果,采取9分制,9分表示花球坚硬新鲜;7分表示花球较好;5分表示花球一般,为商品价值最低限;3分表示有食用价值但无商品价值;1分表示无食用价值。评判人员的评分平均值作为西兰花的外观品质。

黄化指数^[12]:0级,目测不到花蕾变黄,球坚挺;1级,花球中有轻微变黄;3级,变黄花蕾占整个花球的5%;5级,变黄花蕾占整个花球的50%;7级,变黄部分占整个花球的75%;9级,100%的花蕾变黄。黄化指数(%) = $\sum(\text{级数} \times \text{该级个数}) / \text{最高级数} \times \text{总个数} \times 100$

失重率:测定采用差量法^[13]:失重率(%) = (初始重量-最终重量)/初始重量 $\times 100$

TSS 含量:采用手持式折光仪测定。

叶绿素含量:采用 Deng 等^[14]的方法稍作修改,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。

V_c 含量:采用钼酸铵比色法^[15]。样品组织用 $0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 草酸-EDTA 溶液提取,测定760 nm 处的吸光值,重复三次。

可溶性蛋白含量:采用考马斯亮蓝法^[16]。

丙二醛(MDA)含量:采用 Jin 等^[17]的方法。

POD(过氧化物酶)和CAT(过氧化氢酶)活性测定:采用曹建康等^[16]的方法。

1.4 数据分析

采用 Excel 2003 统计分析软件进行基础数据整理,利用 Origin 8.5 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 不同保鲜膜包装对西兰花外观的影响

由图1可知,西兰花在贮藏期间,外观品质逐渐下降,贮藏至2 d时,对照组的西兰花迅速转黄,外观品质评分为4.1分,失去商品价值,纳米膜包装的西兰花商品性下降明显,与对照组间差异显著($p < 0.05$)。贮藏至3 d时,纳米膜包装的西兰花外观评分为4分,失去商品价值。PVC膜包装的西兰花在贮藏至4 d时,外观品质评分为4.9分,失去商品价值,与纳米膜包装组间差异显著($p < 0.05$)。说明PVC膜包装组能有效维持西兰花的外观品质,其次是纳米膜。

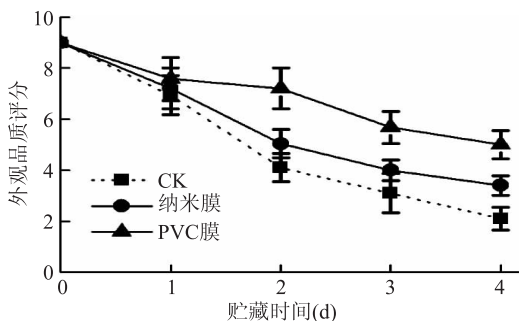


图1 不同保鲜膜包装对西兰花外观品质的影响

Fig.1 Effect of different films packaging on broccoli visual quality

2.2 不同保鲜膜包装对西兰花黄化指数和叶绿素含量的影响

西兰花贮藏过程中花蕾黄化是影响其品质的重要因素之一。由图2A可知,西兰花在贮藏期间,黄化指数不断升高,贮藏1 d后,对照组和纳米膜包装组的西兰花黄化指数迅速升高,而PVC膜包装组黄化指数升高缓慢,西兰花在贮藏过程中,花球30%黄化的时间为其货架期和商品性的最低限^[18],对照组贮藏2 d后,西兰花黄化指数达50%以上,失去商品性,各包装组间差异显著($p < 0.05$),纳米膜处理组贮藏3 d后黄花指数超过30%,而PVC膜处理组贮藏4 d后,黄化指数维持在25%左右,有效抑制了花蕾的黄化衰老。说明PVC膜包装组可有效抑制西兰花的黄化,其次是纳米膜包装组。

叶绿素降解是西兰花花蕾褪绿的主要因素^[5]。由图2B可知,西兰花在贮藏期间,叶绿素含量逐渐下降,导致黄花指数不断升高。贮藏1 d后,对照组和纳米膜包装组叶绿素含量迅速下降,而PVC膜包装组叶绿素含量下降较为缓慢,纳米膜和PVC膜包装组叶绿素含量始终高于对照组,各包装组间差异显著($p < 0.05$),贮藏至4 d时,对照组、纳米膜和PVC膜包装组叶绿素含量分别降为初始的9.08%、23.25%和47.86%,说明PVC膜包装可有效抑制西兰花叶绿素的降解。

2.3 不同保鲜膜包装对西兰花失重率的影响

失重主要是由于蒸腾作用和代谢导致的,西兰

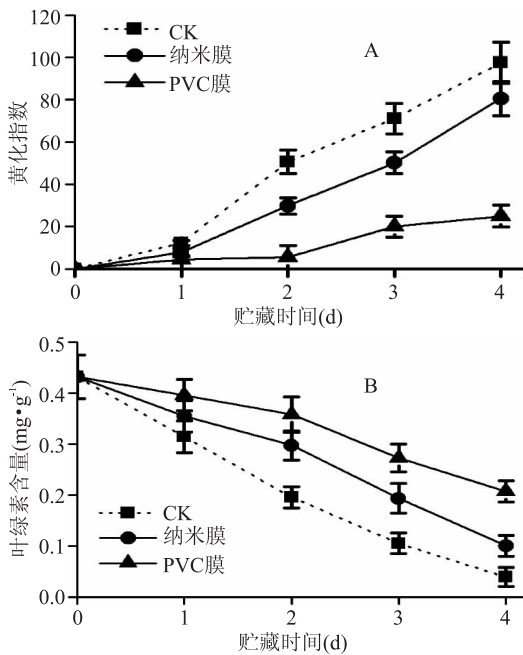


图2 不同保鲜膜包装对西兰花黄化指数和叶绿素含量的影响

Fig.2 Effect of different films packaging on broccoli yellowing index and chlorophyll content

西兰花是代谢旺盛的园艺作物,水分流失对其品质影响较大。由图3可知,西兰花在贮藏期间失重率不断升高,贮藏至3 d时,对照组失重率达3.01%,纳米膜和PVC膜包装组失重率均低于对照组,各包装组间差异显著($p < 0.05$)。贮藏至第4 d时,纳米膜包装组失重率达3.05%,PVC膜包装组失重率为2.66%,二者间差异不显著($p > 0.05$)。说明纳米膜和PVC膜包装组均有效抑制西兰花失重率的增加。

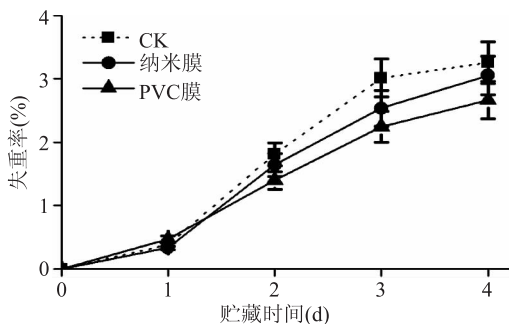


图3 不同保鲜膜包装对西兰花失重率的影响

Fig.3 Effect of different films packaging on broccoli weight loss

2.4 不同保鲜膜包装对西兰花 TSS 含量的影响

果蔬中的可溶性固形物(TSS)的主要物质是可溶性糖的含量,其能直接反映果蔬的成熟度和品质状况。由图4可知,西兰花在贮藏过程中,TSS含量不断升高,其中对照组TSS含量升高最快,纳米膜和PVC膜包装组TSS含量升高较缓慢,贮藏至3 d时,对照组TSS含量显著高于处理组,各组间差异显著($p < 0.05$)。贮藏至第4 d时,PVC膜包装组比对照组和纳米膜包装组TSS含量分别低3.82%和1.75%,PVC膜包装可有效延缓TSS含量的增加。

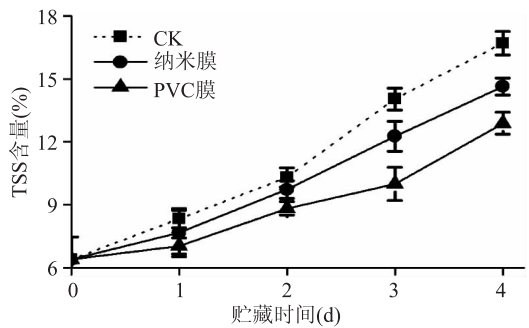


图4 不同保鲜膜包装对西兰花 TSS 含量的影响

Fig.4 Effect of different films packaging on broccoli TSS content

2.5 不同保鲜膜包装对西兰花 V_c 含量的影响

V_c是西兰花贮藏期间营养品质的一个的重要指标。由图5可知,西兰花在贮藏期间,V_c含量逐渐下降,贮藏1 d后,对照组V_c含量迅速下降,纳米膜和PVC膜包装组V_c含量均高于对照组,且下降较缓慢,各组间差异显著($p < 0.05$)。贮藏至2 d时,对照组V_c含量较初始值降低了52.22%,V_c被迅速降解,贮藏至4 d时,纳米膜和PVC膜包装组的西兰花V_c含量分别降为初始值的22.65%和39.84%,对照组降为初始值的8.83%,这说明纳米膜和PVC膜包装组均有效维持了西兰花的V_c含量,其中PVC膜包装组的效果更好。

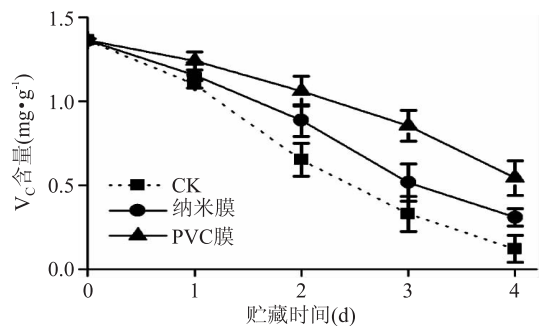


图5 不同保鲜膜包装对西兰花 V_c 含量的影响

Fig.5 Effect of different films packaging on broccoli V_c content

2.6 不同保鲜膜包装对西兰花可溶性蛋白含量的影响

可溶性蛋白含量是表示果蔬贮藏过程中重要的生理指标之一。由图6可知,西兰花在贮藏过程中可溶性蛋白含量逐渐降低,纳米膜和PVC膜包装组可溶性蛋白含量均高于对照组,贮藏1 d后,各组西兰花可溶性蛋白含量迅速下降,各组间差异显著($p < 0.05$),贮藏至4 d时,PVC膜、纳米膜和对照组可溶性蛋白含量分别降为初始值的67.45%、52.96%和40.78%,其中PVC膜包装组可溶性蛋白含量下降较为缓慢,其次是纳米膜包装组。

2.7 不同保鲜膜包装对西兰花 MDA 含量的影响

MDA是细胞膜脂过氧化的重要产物,是判定果蔬膜质过氧化的一个重要指标,MDA含量增加,膜质过氧化程度加剧,细胞结果被破坏,继而加速了细胞的衰老死亡^[16,19]。由图7可知,西兰花MDA含量随

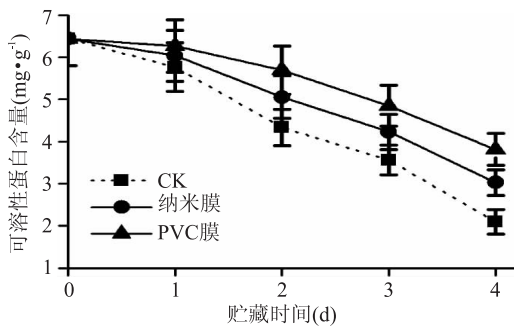


图6 不同保鲜膜包装对西兰花可溶性蛋白含量的影响

Fig.6 Effect of different films packaging on broccoli protein content

随着贮藏时间的延长不断积累,贮藏1 d后,各组MDA含量增加迅速,纳米膜和PVC膜包装组较对照组MDA含量增加缓慢,PVC膜包装组MDA含量水平低于其他两组,二者和对照组间差异显著($p < 0.05$)。贮藏至第4 d时,对照组MDA含量显著高于纳米膜和PVC膜包装组($p < 0.05$)。表明纳米膜和PVC膜包装组可有效地延缓了MDA的积累,抑制了细胞膜的膜质过氧化,其中PVC膜包装组的效果较佳。

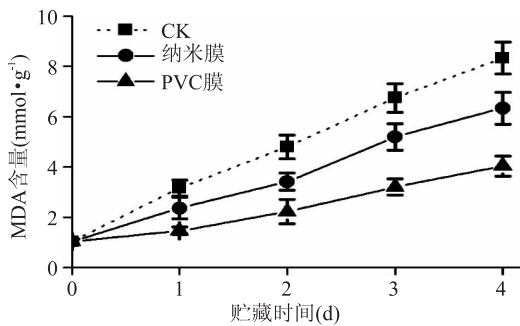


图7 不同保鲜膜包装对西兰花MDA含量的影响

Fig.7 Effect of different films packaging on broccoli MDA content

2.8 不同保鲜膜包装对西兰花POD活性的影响

POD是参与植物生长、发育和衰老进程的一种酶,它既能清除植物体内活性氧,又可参与果蔬酶促褐变,催化酚类物质、谷胱甘肽和抗坏血酸的氧化,使果皮褐变,影响产品品质^[20-21]。由图8可知,贮藏期间,西兰花POD活性逐渐升高,对照组POD活性水平高于纳米膜和PVC膜包装组,PVC膜包装组POD活性水平升高较缓慢,贮藏2 d后,对照组与其他两者间两两差异显著($p < 0.05$),贮藏至第4 d时,对照组POD活性升高减缓,但POD活性水平仍高于纳米膜和PVC膜包装组,这说明纳米膜和PVC膜包装有效地延缓了POD活性水平的升高。

2.9 不同保鲜膜包装对西兰花CAT活性的影响

CAT普遍存在于植物的所有组织中,其活性与植物的代谢强度及抗性有关^[22],可催化过氧化氢分解为水和氧气,消除衰老过程中过氧化氢积累对组织的损害作用。由图9可知,CAT活性随着贮藏时间的延长逐渐升高,说明过氧化氢在组织中不断积累,贮藏1 d后,对照组和纳米膜包装组CAT活性迅速升高,但对照组CAT活性水平始终高于其他两

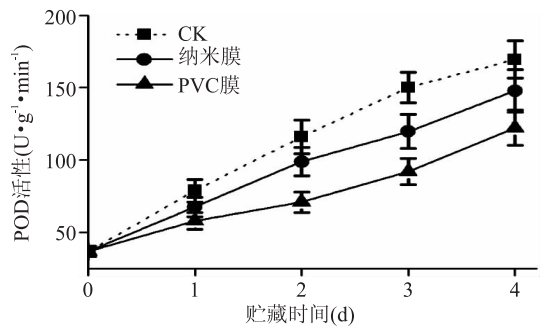


图8 不同保鲜膜包装对西兰花POD活性的影响

Fig.8 Effect of different films packaging on broccoli POD activity

组,其中PVC膜包装组较为缓慢,各组处理间差异显著($p < 0.05$),贮藏至第4 d时,对照组CAT活性升高减缓,其他两组CAT活性水平低于对照组,说明纳米膜和PVC膜包装组抑制了过氧化氢的积累,延缓了CAT活性水平的升高,其中PVC膜包装组的效果较好。

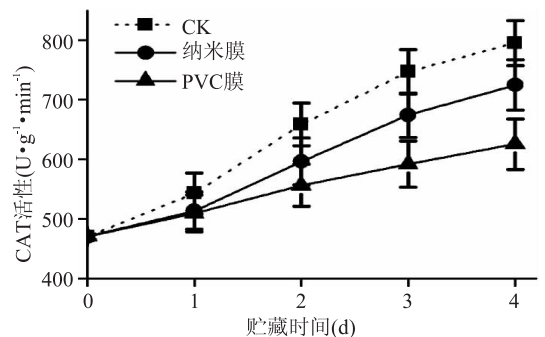


图9 不同保鲜膜包装对西兰花CAT活性的影响

Fig.9 Effect of different films packaging on broccoli CAT activity

3 结论

西兰花在室温(25℃)下贮藏,贮藏1 d后花蕾出现不同程度的黄化,对照组的西兰花花蕾黄化迅速,贮藏2 d后,西兰花花蕾表面黄化面积达50%以上;纳米膜和PVC膜包装均有效延缓了西兰花的黄化和外观品质的下降,抑制水分流失和TSS、叶绿素、V_c和可溶性蛋白等营养物质降解,延缓MDA的积累,维持了细胞膜的完整性;同时,抑制了活性氧自由基的积累,延缓了POD和CAT酶活性的升高。其中PVC膜包装的西兰花保鲜效果最佳,在常温下,与对照组相比,可有效延长西兰花的保鲜期。

参考文献

- [1] Hasperu  J H, Guardianelli L, Rodoni L M, et al. Continuous while-blue LED light exposition delays postharvest senescence of broccoli [J]. LWT - Food Science and Technology, 2016, 65: 495-502.
- [2] 程顺昌, 魏宝东, 熊振华, 等. 西兰花采后贮藏保鲜技术研究进展 [J]. 食品科学, 2014, 35(7): 270-275.
- [3] 张娜, 关文强, 张怡. 冰温结合气调保鲜膜对西兰花保鲜

(下转第266页)

modeling and meta-analysis [J]. Food Microbiology, 2015, 49: 33-40.

[18] Domenico M, Simonetta G C, Roberta M, et al. Presence and molecular characterization of the major serovars of *Listeria monocytogenes* in ten Sardinian fermented sausage processing plants [J]. Meat Science, 2014, 97(4): 443-450.

[19] Pragalaki T, Bloukas J G, Kotzekidou P. Inhibition of *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* O157: H7 in liquid broth medium and during processing of fermented sausage using autochthonous starter cultures [J]. Meat Science, 2013 (95): 458-464.

[20] Gladys T A, Qlayinka I. *Salmonella* and *Escherichia coli* contamination of poultry meat from a processing plant and retail markets in Ibadan, Oyo State, Nigeria. Springer Plus, 2014, 3 (1): 139.

[21] Miroslav D, Bojan B, Sinisa M, et al. General patterns of background microbiota and selected bacterial pathogens during production of fermented sausages in Serbia [J]. Food Control, 2014, 43: 231-237.

[22] Stavros G M, Nikolaos C G, Vasiliki C B, et al. A 3-year hygiene and safety monitoring of a meat processing plant which uses raw materials of global origin [J]. International Journal of

Food Microbiology, 2015, 209: 60-69.

[23] Valeria D, Mariana T, Maria G D, et al. Occurrence of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella* spp. in meat processed products from industrial plants in Southern Italy [J]. Food Control, 2016, 62: 104-109.

[24] 周小红, 李学英, 杨究时, 等. 培养条件对单增李斯特菌生长的影响 [J]. 食品工业科技, 2013(15): 140-148.

[25] Ducic M, Klisara N, Markov S, et al. The fate and pasteurization-based inactivation of *Escherichia coli* O157, *Salmonella Typhimurium* and *Listeria monocytogenes* in dry, fermented sausages [J]. Food Control, 2016, 59: 400-406.

[26] 姚远, 董庆利. 乳酸钠对肉及肉类食品中腐败菌和致病菌的抑制作用研究进展 [J]. 食品工业科技, 2014(7): 378-383.

[27] Mataragasab M, Bellioc A, Rovetto F, et al. Risk-based control of food-borne pathogens *Listeria monocytogenes* and *Salmonella enterica* in the Italian fermented sausages Cacciatore and Felino [J]. Meat Science, 2015, 103: 39-45.

[28] Spilimbergo S, Cappelletti M, Ferrentino G. High pressure carbon dioxide combined with high power ultrasound processing of dry cured ham spiked with *Listeria monocytogenes* [J]. Food Research International, 2014, 66: 264-273.

(上接第 258 页)

效果的影响 [J]. 食品科技, 2012, 37(1): 42-44, 49.

[4] Li L, Lv F Y, Guo Y Y, et al. Respiratory pathway metabolism and energy metabolism associated with senescence in postharvest Broccoli (*Brassica oleracea* L. var. italica) florets in response to O₂/CO₂ controlled atmospheres [J]. Postharvest Biology and Technology, 2016, 111: 330-336.

[5] Xu F, Tang Y C, Dong S Q, et al. Reducing yellowing and enhancing antioxidant capacity of broccoli in storage by sucrose treatment [J]. Postharvest Biology and Technology, 2016, 112: 39-45.

[6] 袁帅, 王鑫腾, 张有林. 保鲜膜在果品蔬菜贮藏保鲜方面的应用与展望 [J]. 食品科学, 2013, 34(21): 421-424.

[7] 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.

[8] 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.

[9] 陈嘉, 冯志宏, 赵迎丽, 等. 贮运中的薄膜包装对采后先锋樱桃的保鲜效果研究 [J]. 食品工业, 2013, 34(11): 71-74.

[10] 赵春燕, 刘诗阳, 王淑琴, 等. 不同膜处理对嫩鲜蒜贮藏期间生理变化的影响 [J]. 食品与发酵工业, 2012, 38(12): 189-192.

[11] Jia C G, Xu C J, Wei J, et al. Effect of modified atmosphere packaging on visual quality and glucosinolates of broccoli florets [J]. Food Chemistry, 2009, 114: 28-37.

[12] 史君彦, 王清, 高丽朴, 等. 外源硝普钠处理对青花菜贮藏过程中品质的影响 [J]. 安徽农业科学, 2012, 40(33): 16383-16385.

[13] 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.

[14] Deng Y S, Kong F Y, Zhou B, et al. Heterology expression of the tomato LeLhcb2 gene confers elevated tolerance to chilling stress in transgenic tobacco [J]. Plant Physiology and Biochemistry, 2014, 80: 318-327.

[15] 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.

[16] 曹建康, 姜微波, 赵玉梅. 果蔬采后生理生化实验指导. 2 版. 北京: 中国轻工业出版社, 2011.

[17] Jin P, Zhu H, Wang L, et al. Oxalic acid alleviates chilling injury in peach fruit by regulating energy metabolism and fatty acid content [J]. Food Chemistry, 2014, 161: 87-93.

[18] 袁晶. 不同贮藏和烹饪方法对青花菜品质的影响 [D]. 杭州: 浙江大学, 2006.

[19] 荆红彭, 张旭, 关文强, 等. 不同温度下微孔膜包装青毛豆的保鲜效果研究 [J]. 食品工业科技, 2015, 36(3): 335-339, 344.

[20] Starzyńska A, Leja M, Mareczek A. Physiological changes in the antioxidant system of broccoli flower buds senescing during short-term storage, related to temperature and packaging [J]. Plant Science, 2003, 165: 1387-1395.

[21] 丁薪源, 曹建康. 果蔬过氧化物酶酶学特征研究进展 [J]. 食品科技, 2012, 37(10): 62-66.

[22] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2000, 167-281.