

# 包装膜透性对西兰花采后冷藏品质变化的影响

斯跃洲<sup>1,2</sup>, 高佳<sup>1</sup>, 李焕秀<sup>2</sup>, 朱永清<sup>1</sup>, 罗芳耀<sup>1</sup>, 邓琳美<sup>1</sup>

(1. 四川省农业科学院农产品加工研究所, 四川成都 610066) (2. 四川农业大学园艺学院, 四川成都 611130)

**摘要:** 本文研究了具有不同氧气(O<sub>2</sub>)和二氧化碳(CO<sub>2</sub>)透过率的包装膜对西兰花采后自发气调包装保鲜过程中包装袋内气体成分及西兰花贮藏品质变化的影响。采用预冷后的新鲜西兰花,经4种不同O<sub>2</sub>和CO<sub>2</sub>透过量的聚乙烯薄膜密封包装,包装袋尺寸为30 cm×25 cm,调查了不同包装处理在1±0.5 °C下冷藏60 d包装袋内气体成分、组织电导率、色差、感官指标、Vc和叶绿素指标的变化情况。结果表明,在本试验条件下,不同O<sub>2</sub>和CO<sub>2</sub>透过率的包装膜对包装袋内气体成分、色差L\*值和西兰花贮藏品质及货架期具有显著影响(*p*<0.05)。其中,O<sub>2</sub>和CO<sub>2</sub>透过率分别为16398.3 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·24 h·0.1 MPa和68644.9 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·24 h·0.1 MPa的包装膜从贮藏第1 d开始即可维持包装袋内O<sub>2</sub>(11.86~15.78 kPa/500 g)和CO<sub>2</sub>(2.61~4.25 kPa/500 g)水平达到相对稳定状态,直至贮藏结束袋内西兰花仍保持较好的新鲜度和总体感官品质。

**关键词:** 西兰花; 包装膜透性; 贮藏; 自发气调包装; 品质

文章编号: 1673-9078(2017)7-186-191

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2017.7.027

## Effect of Packaging Film Permeability on the Quality of Postharvest Broccoli during Cold Storage

SI Yue-zhou<sup>1,2</sup>, GAO Jia<sup>1</sup>, LI Huan-xiu<sup>2</sup>, ZHU Yong-qing<sup>1</sup>, LUO Fang-yao<sup>1</sup>, DENG Lin-mei<sup>1</sup>

(1. Institute of Agro-products Processing Science and Technology, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu 610066, China) (2. College of Horticulture, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China)

**Abstract:** The effects of packaging films with different oxygen and carbon dioxide transmission rates on the package headspace gas composition during modified atmosphere packaging (MAP) for the preservation of postharvest broccoli, and the changes in the storage quality of broccoli were studied. After precooling, fresh broccoli was packaged and sealed in 30 cm×25 cm polyethylene bags with four different oxygen and carbon dioxide transmission rates and stored at 1±0.5 °C for 60 d. Changes in package headspace gas composition, tissue electrolyte leakage, color difference, sensory attributes, vitamin C (Vc) content, and chlorophyll content were investigated. The results indicated that packaging films with different oxygen and carbon dioxide transmission rates significantly (*p*<0.05) affected package headspace gas composition, L\* value, product storage quality, and shelf life under the conditions of this experiment. Among them, stable oxygen (11.86~15.78 kPa/500 g) and carbon dioxide (2.61~4.25 kPa/500 g) levels could be maintained in the packages with oxygen and carbon dioxide transmission rates of 16398.3 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·24 h·0.1 MPa and 68644.9 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·24 h·0.1 MPa from day 1, and the freshness and high overall quality scores of the products stored in these packages were maintained until the end of the storage period.

**Key words:** broccoli; packaging film permeability; storage; modified atmosphere packaging; quality

自发气调包装(Modified atmosphere packaging, MAP)保鲜技术是一种广泛用于果蔬采后贮藏保鲜的有效方法,它通过包装膜自身透气、透湿等特性调节包装产品呼吸代谢速率,达到延缓品质劣变,延长产品货架期的目的<sup>[1]</sup>。不同果蔬产品种类采后代谢强度、

收稿日期: 2016-11-11

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2015BAD16B07); 四川省科技支撑计划项目(2014NZ0004、2015FZ0115)

作者简介: 斯跃洲(1992-),男,硕士研究生,研究方向: 蔬菜学

通讯作者: 高佳(1983-),女,博士,副研究员,研究方向: 果蔬贮藏保鲜与加工

包装膜透性、包装规格、贮藏温度和相对湿度等都是影响MAP保鲜效果的重要因素<sup>[2,3]</sup>。目前市场上应用较多的包装膜按基材分主要有聚乙烯(Poly ethylene, PE)、聚氯乙烯(Polyvinyl chloride, PVC)、聚偏二氯乙烯(Polyvinyl dichloride, PVDC)和聚丙烯(Propene polymer, PP)等,其中应用量最大且最广泛的为PE包装膜<sup>[4]</sup>。不同基材的包装材料在不同吹膜工艺下制成不同厚度的包装膜,其透光、透湿和透气性,热稳定性,机械强度等方面有所差异,但应用于果蔬MAP保鲜领域关键点仍在于包装膜对氧气(O<sub>2</sub>)和二氧化碳(CO<sub>2</sub>)等气体的透过性<sup>[3]</sup>。因此,针对不同果蔬材

料在最适贮藏温度条件下选择适宜透气性的包装材料是达到果蔬 MAP 保鲜最佳效果的关键。

西兰花 (*Brassica oleracea* L. *Italica* Group) 属十字花科芸薹属甘蓝种, 营养价值丰富, 具有抗癌解毒、延缓衰老、增强抵抗力等功效, 经济价值高, 市场需求量大<sup>[5]</sup>。新鲜西兰花采后呼吸代谢旺盛, 绿色小花蕾极易出现失水萎蔫、褪绿黄化、霉变等现象, 如不及时进行采后贮藏保鲜处理, 货架期仅有 5 d 左右。目前有关西兰花采后 MAP 保鲜应用的研究多集中在包装膜材料的种类<sup>[6-8]</sup>和厚度比较上, 缺乏将包装膜透性、贮藏温度和包装尺寸等影响 MAP 保鲜效果的关键因素进行综合分析, 使 MAP 保鲜效果发挥最大优势, 并在生产中推广应用。本研究在前期调研的基础上, 从市场上采集了厚度为 0.01~0.08 mm 的 7 种常用 PE 包装膜, 经预备试验从中筛选出对西兰花采后 MAP 冷藏效果较好的 4 种 PE 材料作进一步试验, 并借鉴前人<sup>[9]</sup>研究成果采用 1±0.5 °C 低温进行贮藏, 旨在找出一种适宜于生产应用的安全有效的西兰花采后 MAP 贮藏保鲜方法, 延长货架期。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

新鲜西兰花采自四川省成都市金堂县竹篙镇西兰花种植基地。挑选无明显病虫害, 成熟度一致, 大小均一, 颜色一致的健康西兰花于采收当天运回实验室, 1±0.5 °C 冷藏 24 h 备用。

### 1.2 主要仪器设备

氧气/二氧化碳气体分析仪, CheckMate II, 丹麦 Dansensor 公司; 色差仪, CR-400, 日本 Konica Minolta 公司; 电导仪, DDSJ-30BA, 上海仪电科学仪器股份有限公司; 紫外/可见分析光度仪, TU-1810, 北京普析通用仪器有限责任公司; 电子天平, JA 31002, 上海精天电子仪器有限公司; 恒温水浴, HH 501, 常州国华电器有限公司。

### 1.3 样品处理

预冷后的西兰花分别采用 4 种 (表 1) 包装膜制成的大小为 30 cm×25 cm 的包装袋单朵密封包装, 实验对照为未包装样品。所有样品处理后均贮藏于 1±0.5 °C 冷库中 60 d 待测定。包装膜 O<sub>2</sub> 和 CO<sub>2</sub> 透过量测定采用压差法气体渗透仪 (23 °C, 0% RH); 水蒸气透过量测定采用 i-Hydro 7320 水蒸气透过率测试系统 (38 °C, 90% RH), 测试单位为济南兰光机电技术有限公司包装安全检测中心。

表 1 试验设置和包装膜测定参数

Table 1 Test setup and the measured parameters of packaging films

编号	试验处理	包装膜 O <sub>2</sub> 透过量 /(cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ·24 h·0.1 MPa)	包装膜 CO <sub>2</sub> 透过量 /(cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ·24 h·0.1 MPa)	包装膜水蒸气透过量 /(g/m <sup>2</sup> ·24 h)
A	未包装	-	-	-
B	低压高密度 PE (厚度 0.01 mm)	16398.3±2625.3	68644.9±12239.9	26.1±2.5
C	低压高密度 PE (厚度 0.02 mm)	5964.3±1078.1	23493.3±2033.0	9.0±1.2
D	高压低密度 PE (厚度 0.03 mm)	5464.2±99.4	30994.6±1360.1	12.2±1.0
E	高压低密度 PE (厚度 0.04 mm)	3736.5±378.2	19634.9±3295.6	8.3±0.1

### 1.4 指标测定

#### 1.4.1 包装袋内氧气和二氧化碳浓度

采用氧气/二氧化碳气体分析仪测定。样品从冷库中取出后迅速将测试探针插入包装袋内进行抽气测定, 测定时包装袋与探针之间采用泡沫纸胶贴密封, 防止外部空气进入影响测试结果。结果记为每 500 g 样品在包装袋内的 O<sub>2</sub> 和 CO<sub>2</sub> 浓度。

#### 1.4.2 色差

采用色差仪测定西兰花花球表面 L\*、a\* 和 b\* 值。样品取出后打开包装袋, 从每朵西兰花顶部凸起花球处随机测定 10 个数据点, 结果取平均值。

#### 1.4.3 组织电导率

采用电导仪测定<sup>[10]</sup>。从每朵西兰花花球表面切取 20±0.5 g 小花球, 加入 200 mL 去离子水室温下浸泡放置 30 min 后测定样品组织电导率记为 E<sub>1</sub>, 期间不断搅拌样品。再将测定样品置于 -20 °C 冷冻 24 h 后室温解冻测定解冻后样品组织电导率, 经反复冻融待所测冻样组织电导率稳定后记录读书为 E<sub>2</sub>。

样品组织电导率 (%) = E<sub>1</sub>/E<sub>2</sub>×100%。

#### 1.4.4 感官评定

感官评定小组由 10 名经过训练的科研人员组成, 其中女性 5 名, 男性 5 名, 年龄从 22~49 岁之间。感官评定指标包括总体感官、花球紧实度、腐败气味和茎杆切割部位褐变程度共 4 项, 具体评价标准见表 2。其中, 3 分为商品临界值, 即低于 3 分产品不具有商

品价值。

5009.86-2003) 测定, 叶绿素含量采用分光光度法<sup>[7]</sup>测定, 所测样品均为西兰花花球表面小花蕾部分。

### 1.4.5 维生素 C 和叶绿素

维生素 C 含量采用 2,4-二硝基苯肼法 (GB/T

表 2 感官评定标准

Table 2 Sensory evaluation standard

评定指标	5分	4分	3分	2分	1分
总体感官	非常好	好	一般, 可接受	不好, 有较大瑕疵	非常不好
花球紧实度	紧实	较紧实	轻微松散	明显松散	非常松散
腐败气味	无	不明显	轻微, 可接受	明显	非常严重
切割部位褐变程度	未褐变	5%褐变	10%褐变	25%褐变	25%以上褐变

## 1.5 数据分析

每处理每次重复测定 10 袋样品, 每隔 10 d 测定一次。包装袋内 O<sub>2</sub> 和 CO<sub>2</sub> 浓度、色差、组织电导率和感官评定指标每个测定时间点每处理均测定 10 个平行 (即 10 袋样品), Vc 和叶绿素每个测定时间点每处理测定 3 个平行 (即从每处理的 10 袋样品中以 3 袋为一组, 取小花蕾部分 50±0.5 g 混合打浆测定), 结果取平均值, 误差记为标准误 SE。采用 SPSS 13.0 软件进行贮藏时间和处理的两因素线性分析。

## 2 结果与讨论

### 2.1 包装袋内气体成分变化

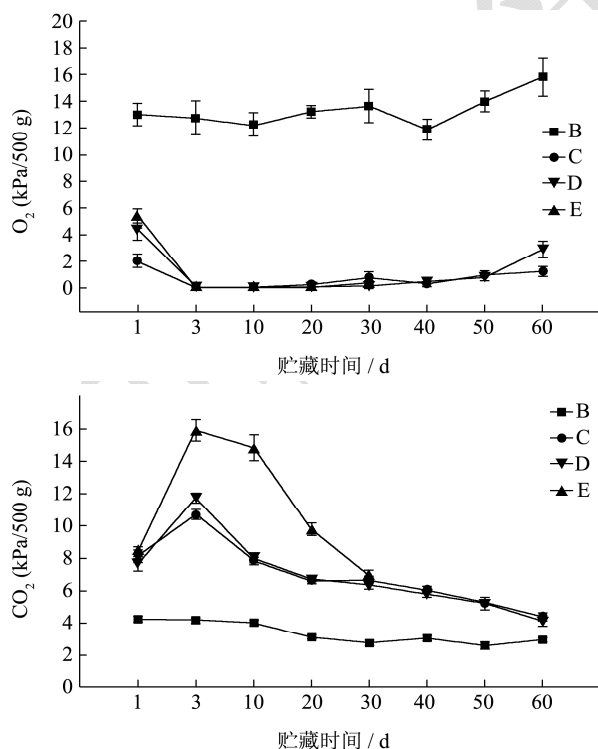


图 1 西兰花 MAP 贮藏过程中 O<sub>2</sub> 和 CO<sub>2</sub> 浓度变化

Fig.1 Changes in O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> concentrations during MAP storage of broccoli

密封包装袋内的气体成分变化一定程度上反映了袋内果蔬产品的呼吸代谢速率<sup>[11]</sup>。图 1 为西兰花经包装后 1±0.5 °C 下冷藏 60 d 过程中包装袋内 O<sub>2</sub> 和 CO<sub>2</sub> 成分的变化情况。从图中可见, B 处理在整个贮藏期内的 O<sub>2</sub> 和 CO<sub>2</sub> 含量均与其它 3 种包装处理之间差异显著 ( $p < 0.05$ ), 且贮藏过程中一直处于相对平稳状态 (分别为 11.86~15.78 kPa/500 g 和 2.61~4.25 kPa/500 g), 波动幅度较小。C、D、E 处理 O<sub>2</sub> 含量在第 1 d 时即显著低于 B 处理, 第 3 d 后降低到 (0~2.88 kPa/500 g) 范围内, 之后一直持续到贮藏期结束; CO<sub>2</sub> 含量则 在第 1 d 时显著高于 B 处理, 第 3~10 d 内出现波峰 (7.84~15.93 kPa/500 g), 之后缓慢降低, 第 30 d 后维持在 4.08~6.05 kPa/500 g 范围内 ( $p < 0.05$ )。MAP 保鲜是通过包装膜的透气性来调节袋内果蔬产品呼吸代谢, 最终达到袋内 O<sub>2</sub> 和 CO<sub>2</sub> 浓度的相对平衡。最佳状态下当袋内气体浓度达到平衡时, 果蔬的耗 O<sub>2</sub> 量等于透过包装膜进入袋内 O<sub>2</sub> 的量, 而果蔬呼吸产生的 CO<sub>2</sub> 量等于透过包装膜释放到环境中的 CO<sub>2</sub> 量<sup>[3]</sup>。如包装膜的透气性偏低, 易造成袋内缺氧或过高 CO<sub>2</sub> 积累, 对果蔬材料产生伤害; 如透气性偏高, 达不到很好的抑制果蔬采后呼吸代谢的作用<sup>[2]</sup>。通常情况下, 采用 MAP 保鲜的果蔬材料在贮藏前期袋内 O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> 的含量会出现先降低/升高后缓慢上升/降低最后达到平衡的状态<sup>[3,6,10]</sup>, 如本试验中的 C、D 和 E 处理所示 (图 1), 但 B 处理却在贮藏第 1 d 起至贮藏期结束就出现了 O<sub>2</sub> 和 CO<sub>2</sub> 气体的相对平衡状态, 这可能与试验中 B 处理包装膜本身的 O<sub>2</sub> (16398.3 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·24 h·0.1 MPa) 和 CO<sub>2</sub> (68644.9 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·24 h·0.1 MPa) 透过率较高有关。试验所采用的西兰花在保鲜包装前已经过预冷处理, 再采用高透气性的包装材料进行包装, 使包装袋内的 O<sub>2</sub> 和 CO<sub>2</sub> 浓度实现了快速平衡。而 C、D 和 E 处理贮藏至第 3 d 时包装袋内 O<sub>2</sub> 浓度非常低, 已不能满足西兰花贮藏过程中正常的呼吸需要。C (0.02 mm)、D (0.03 mm)、E (0.04 mm) 处理包装膜厚度虽然成梯度差异, 但对 O<sub>2</sub> 和 CO<sub>2</sub> 及水蒸气透过量的

测试结果(表 1)显示却差异不大。可见,单纯以包装膜的厚度来判定膜透气性是不准确的。在果蔬 MAP 保鲜应用的技术推广中应以试验测定出的 O<sub>2</sub> 和 CO<sub>2</sub> 透过量等指标,结合特定品种贮藏温度和贮藏规格进行综合考量。

## 2.2 色差变化

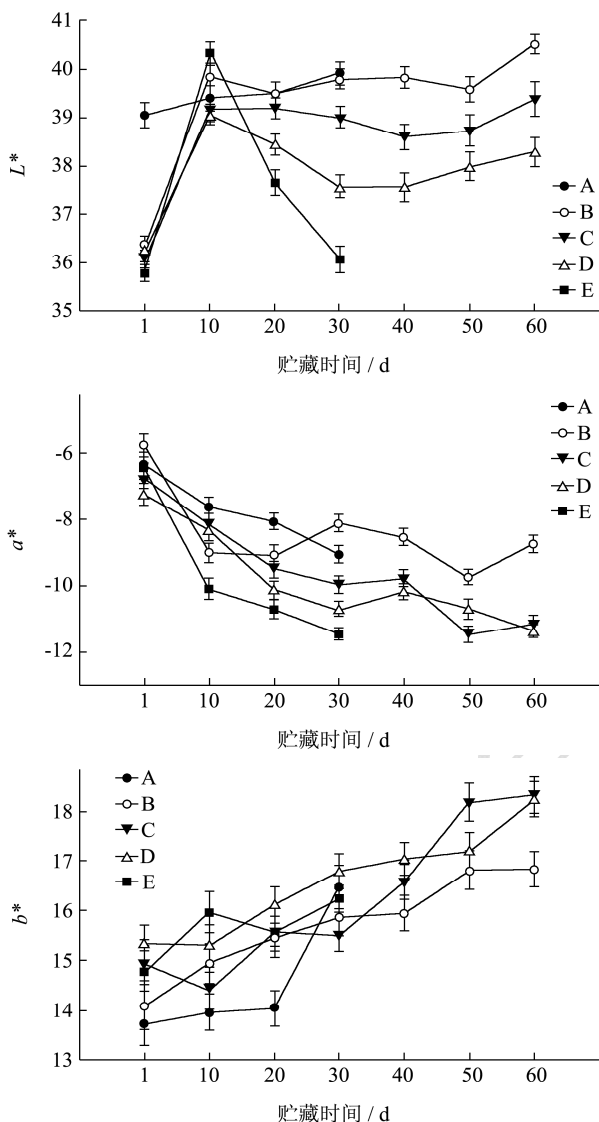


图2 西兰花贮藏过程中的色差变化情况

Fig.2 Color changes in broccoli during storage

新鲜西兰花采后花球顶部小花蕾未开放,色泽呈鲜亮的翠绿色,随着贮藏品质的降低,小花蕾逐渐开放,呈现出零星淡黄色。伴随着花球品质的劣变,甚至会出现黄褐色或水浸状的墨绿色。测定贮藏过程中各处理西兰花花球表面色差值得(图2),随着贮藏时间的延长,各处理西兰花花球表面色泽均不同程度出现 a\* 值降低和 b\* 值升高的趋势,即花球表面小花蕾零星开放,出现褪绿泛黄或颜色呈墨绿现象;其中 B 处理的变化幅度相对较低。L\* 值反映了花球表面的色

泽亮度,处理后贮藏第 1 d 测得 A 处理的亮度显著高于其它 4 种包装处理 ( $p < 0.05$ ),贮藏第 10 d 后其它处理的亮度值即上升到与 A 处理相近水平;B、C、D 处理贮藏后期的亮度值相对稳定,其中 B 处理亮度最高,C、D 依次略低;E 处理在贮藏第 10 d 后亮度显著降低 ( $p < 0.05$ ),随着贮藏期延长表面出现水浸状暗墨绿色,这可能与包装袋内积累的 CO<sub>2</sub> 对西兰花产生的伤害有关。

## 2.3 组织电导率变化

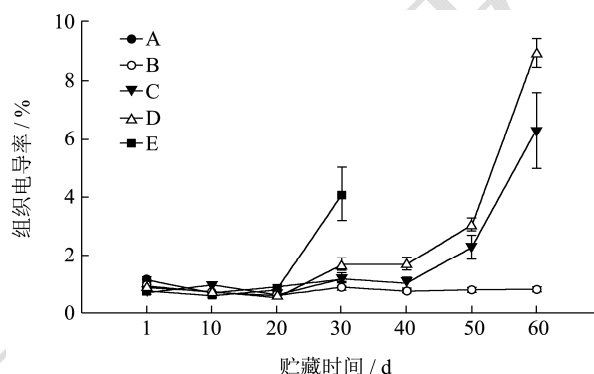
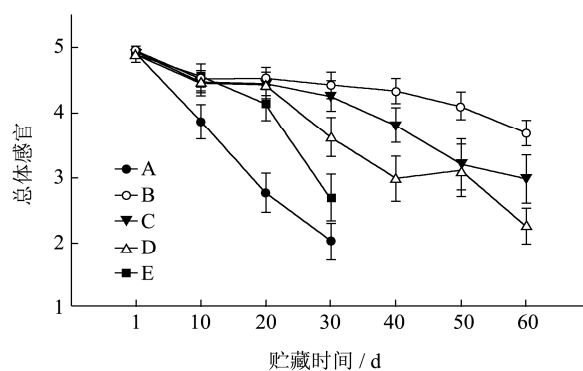


图3 西兰花贮藏过程中组织电导率的变化情况

Fig.3 Changes in tissue electrolyte leakage of broccoli during storage

组织电导率反映了植物表面细胞的破坏程度<sup>[12]</sup>,值越低表明细胞结构越完整,植物材料越新鲜。图 3 是测定的各处理贮藏过程中组织电导率的变化情况,可见各处理随着贮藏时间的延长,组织电导率逐渐升高。其中 E 处理在贮藏 20 d 后最先产生电导率升高的情况,而 B 处理在整个贮藏期内组织电导率无显著性变化 ( $p > 0.05$ )。C、D 处理贮藏 30 d 后组织电导率升高幅度明显,且 D 处理增幅高于 C 处理。贮藏后期西兰花组织电导率的增幅也与包装膜的厚度成正相关,与包装膜对 O<sub>2</sub> 的透过量成负相关。可见在供试条件下,膜厚度越低,对 O<sub>2</sub> 和 CO<sub>2</sub> 的透过量越高,西兰花贮藏过程中组织的破坏程度越小,越有利于贮藏。

## 2.4 感官评定



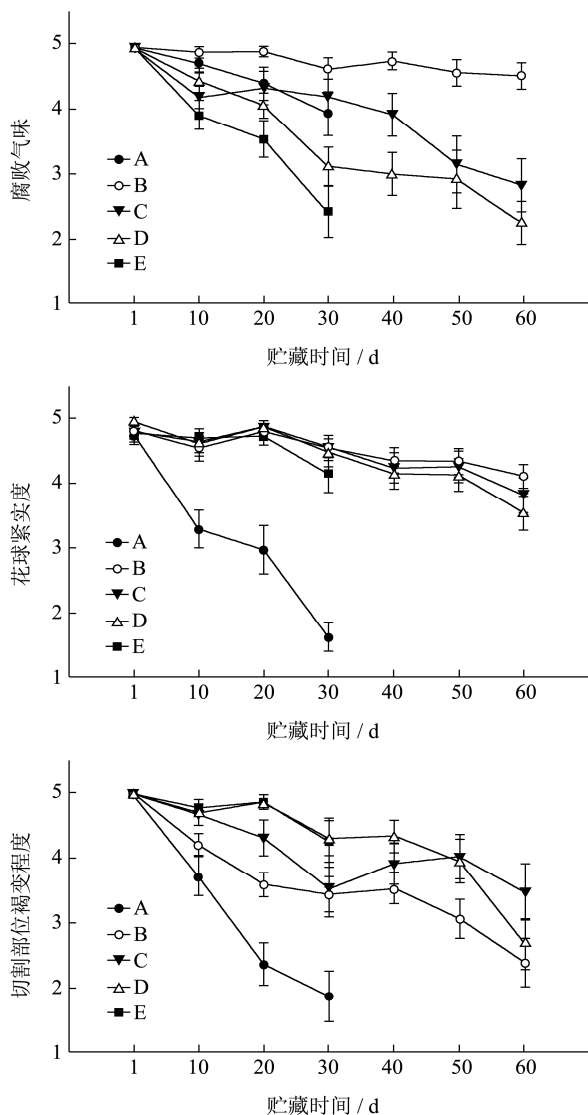


图4 不同处理西兰花贮藏过程中的感官评定值

Fig.4 Sensory evaluation of broccoli subjected to different treatments during storage

通过 10 名感官评定人员评价贮藏期内各处理西兰花外观品质变化情况可得(图4),随着贮藏时间的延长,各处理总体感官、腐败气味、花球紧实度和切割部位褐变程度均呈现不同程度的降低。其中 B 处理在整个贮藏过程中总体感官和腐败气味均显著高于其

它处理 ( $p<0.05$ ), C、D、E 三个处理随着包装膜厚度的增加贮藏后期降低程度依次增大。花球紧实度方面 4 种包装处理之间差异较小,但显著优于未包装的 A 处理 ( $p<0.05$ ),可见包装后降低了水分散失<sup>[3]</sup>,有利于花球紧实度的保持。切割部分褐变程度方面, D 和 E 处理相对较好,但在贮藏后期切割部位出现了水浸状; B 处理从第 10 d 后即出现少量干状褐斑,随着贮藏时间推移褐斑面积增大。A 处理在整个 30 d 的贮藏期内总体感官、花球紧实度和切割部位褐变程度均显著低于其它包装处理 ( $p<0.05$ ),由于未进行包装,腐败气味方面略优于 D、E 处理。综合分析各感官评定指标可以看出,未包装的 A 处理和包装膜最厚,透气性最差的 E 处理贮藏至 10~20 d 后即丧失了商品性, A 处理表现为花球失水松散,小花蕾萎蔫黄化或零星开放,切割部位褐变;而 E 处理表现为花球表面呈水浸状墨绿色,产生腐败气味,切割部位水渍状。C 和 D 处理品质劣变程度较 E 处理更缓慢些,贮藏至 40 d 后开始出现类似现象。所有处理中 B 处理效果最好,贮藏至 60 d 时花球色泽、紧实度和气味等各方面均具有商品性,只是切割部位出现了褐斑,为切割部位细胞失水产生的干褐状,将其切除后仍不影响其商品性。结合感官评定、色差、组织电导率和包装袋内气体成分的变化情况,对照试验所采用的包装膜透气性测定值可知,包装膜的透气性与包装后贮藏过程中西兰花的外观品质变化显著相关 ( $p<0.05$ ),西兰花采后呼吸强度大,在  $1\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  贮藏条件下仍需要较高的  $\text{O}_2$  浓度来维持正常的呼吸代谢。因此,西兰花的 MAP 贮藏应选取  $\text{O}_2$  和  $\text{CO}_2$  透过量较大的包装膜。史君彦等<sup>[8]</sup>研究了 PE、PVC 和纳米膜 3 种包装膜对西兰花 20~25  $^{\circ}\text{C}$  条件下贮藏 4 d 的品质影响得出,  $\text{O}_2$  和  $\text{CO}_2$  透过量分别为 721000 和 4300  $\text{mL}/(\text{m}^2\cdot 24\text{ h}\cdot \text{atm})$  的 PVC 膜贮藏效果较好。

### 2.5 Vc 和叶绿素变化

表3 西兰花贮藏过程中 Vc 含量的变化

Table 3 Change in Vc content of broccoli during storage ( $\times 10^2\text{ mg/g}$ )

贮藏时间/d	处理 A	处理 B	处理 C	处理 D	处理 E
1	108.27±5.67	67.54±5.48	74.07±1.79	52.44±4.95	21.48±3.99
10	99.31±14.17	107.97±5.87	109.10±7.28	106.16±1.93	102.98±7.12
20	103.78±9.84	53.69±5.09	41.69±5.25	59.53±0.30	42.32±5.67
30	7.55±2.36	49.34±3.19	49.93±2.12	46.00±10.16	78.25±4.64
40		70.28±1.18	54.30±4.39	95.47±5.28	
50		54.05±0.81	55.14±7.55	70.28±4.38	
60		46.32±2.34	51.44±2.41	55.62±12.03	

表4 西兰花贮藏过程中叶绿素含量的变化

Table 4 Change in chlorophyll content of broccoli during storage ( $\times 10^2$  mg/g)

贮藏时间/d	处理 A	处理 B	处理 C	处理 D	处理 E
1	28.16±6.26	53.44±2.72	29.51±3.25	28.08±4.96	34.78±4.23
10	48.72±0.85	55.39±3.33	47.96±3.38	51.62±2.48	49.76±5.23
20	55.69±9.71	58.17±8.32	62.01±1.54	51.63±6.43	54.65±5.87
30	59.89±1.32	42.93±5.37	45.76±2.61	43.28±4.92	44.92±2.66
40		45.38±5.65	45.01±4.75	44.27±6.47	
50		43.17±1.52	44.43±3.15	41.94±0.76	
60		32.35±3.17	38.47±3.64	43.17±1.55	

各处理贮藏过程中 Vc 和叶绿素含量变化见表 3 和表 4。其中,各包装处理贮藏过程中 Vc 含量在贮藏第 1 d 显著低于对照 A 处理,第 10 d 时升高,之后缓慢降低,差异不明显;而 A 处理在第 1~20 d 时 Vc 含量维持在较高水平,第 30 d 时却急剧降低(表 3)。各处理叶绿素含量则呈现先升高后降低的趋势,在第 20 d 时出现峰值,之后缓慢降低(表 4)。测定过程中受到样品采集误差的影响,致使各处理测定值误差偏大,测试结果变化规律不明显。总体来看,包装处理在贮藏后期有利于 Vc 的保持,而包装膜之间的差异对于贮藏过程中 Vc 和叶绿素含量之间的差异规律不明显。

### 3 结论

包装膜透气性对西兰花采后 MAP 贮藏过程中袋内 O<sub>2</sub> 和 CO<sub>2</sub> 气体成分变化及贮藏品质具有显著影响。采用大小为 30 cm×25 cm, O<sub>2</sub> 和 CO<sub>2</sub> 透过率为 16398.3 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·24 h·0.1 MPa 和 68644.9 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·24 h·0.1 MPa, 水蒸气透过率为 26.1±2.5 g/m<sup>2</sup>·24 h 的 PE 膜对西兰花进行密封包装,并在 1±0.5 °C 下冷藏可保持贮藏过程中包装袋内 O<sub>2</sub> 和 CO<sub>2</sub> 水平维持相对稳定状态,贮藏 60 d 后西兰花外观品质和 Vc、叶绿素等营养水平仍具有良好商品性。

### 参考文献

- [1] Jacxsens Liesbeth, Devlieghere Frank, De Rudder Tom, et al. Designing equilibrium modified atmosphere packages for fresh-cut vegetables subjected to changes in temperature [J]. LWT-Food Science and Technology, 2000, 33(3): 178-187
- [2] Sandhya. Modified atmosphere packaging of fresh produce: current status and future needs [J]. LWT-Food Science and Technology, 2010, 43(3): 381-392
- [3] 李家政,李晓旭,王晓芸.果蔬保鲜膜与自发气调包装[J].保鲜与加工,2013,13(6):1-5
- [4] LI Jia-zheng, LI Xiao-xu, WANG Xiao-yun. Preservative film and modified atmosphere packaging for fruits and vegetables [J]. Storage and Process, 2013, 13(6): 1-5
- [5] 邵海燕,陈杭君,穆宏磊,等.生鲜食品包装材料研究进展[J].中国食品学报,2015,15(10):1-10
- [6] GAO Hai-yan, CHEN Hang-jun, MU Hong-lei, et al. Research advances of fresh food packaging materials [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2015, 15(10): 1-10
- [7] 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
- [8] CHENG Shun-chang, WEI Bao-dong, XIONG Zhen-hua, et al. Recent advances in technologies for postharvest storage and preservation of broccoli [J]. Food Science, 2016, 35(7): 270-275
- [9] Lucera A, Costa C, Mastromatteo M, et al. Fresh-cut broccoli florets shelf-life as affected by packaging film mass transport properties [J]. Journal of Food Engineering, 2011, 102(2): 122-129
- [10] 敖静,张昭其,黄雪梅.不同薄膜自发气调包装对西兰花的保鲜效果[J].广东农业科学,2015,42(2):77-81,88
- [11] AO Jing, ZHANG Zhao-qi, HUANG Xue-mei. Comparison of different modified atmosphere packaging effects on the quality maintenance of broccoli [J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2015, 42(2): 77-81, 88
- [12] 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,2016,37(19):255-258, 266
- [13] SHI Jun-yan, GAO Li-pu, ZUO Jin-hua, et al. Effect of nanofilm and PVC film packaging on preservation of broccoli during the storage [J]. Food Industry Science and Technology, 2016, 37(19): 255-258, 266

(下转第 150 页)