

# 不同贮藏方式对大白菜叶绿素降解的影响

范林林, 史君彦, 吕佳煜, 左进华, 高丽朴, 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** [目的]研究不同贮藏方式对大白菜贮藏品质的影响,为大白菜的采后保鲜技术提供参考。[方法]以大白菜为试材,将其置入0℃冷库(0.03 mmPE袋包装)和传统窖中,在100 d贮藏期间内测定大白菜中与叶绿素降解相关的生理生化指标。[结果]冷库贮藏能够有效地延缓大白菜的水分损失,维持叶绿素含量,较好地抑制了参与叶绿素降解途径的相关酶活性,其中包括脱镁叶绿素酶(Pheophytinase, PPH)活性、叶绿素酶(Chlase)活性、脱镁螯合酶(Mg-dechelating)活性,而叶绿素过氧化物酶(chlorophyll-peroxidase, Chl-POX)被证实不是参与大白菜叶绿素降解的关键酶;除此之外,还较好地维持了大白菜叶绿体的完整性及其数量。[结论]0℃冷库贮藏结合0.03 mmPE包装可有效抑制大白菜叶绿素的降解,对其保鲜效果最佳。

**关键词** 大白菜;贮藏方式;叶绿素降解;脱镁叶绿素酶

中图分类号 S509.3 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2016)20-086-04

## Effects of Storage Methods on Chlorophyll Degradation in Chinese cabbage

FAN Lin-lin, SHI Jun-yan, LU Jia-yu, WANG Qing\* et al (Beijing Vegetable Research Center, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, 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)

**Abstract** [Objective] To research the effects of different storage methods on the quality of Chinese cabbage, and to provide references for the postharvest fresh-keeping technology of Chinese cabbage. [Method] With Chinese cabbage as the test materials, Chinese cabbage was stored in refrigeration storage at 0℃ (0.03 mm PE packaging) and traditional crypt. Physiological and biochemical indexes related to chlorophyll degradation were detected during the storage time of 100 d. [Result] Chinese cabbage in refrigeration storage maintained higher water content and chlorophyll content compared to that in traditional crypt. Refrigeration storage restricted the related enzyme activities participated in chlorophyll degradation pathway, including pheophytinase (PPH) activities, chlase activity, Mg-dechelating activity. Chlorophyll-peroxidase (Chl-POX) was not the key enzyme of chlorophyll degradation in Chinese cabbage, and maintained the integrity and quantity of chlorophyll in Chinese cabbage. [Conclusion] Refrigeration storage at 0℃ combining with 0.03 mm PE packaging effectively restricts the chlorophyll degradation of Chinese cabbage, and has good preservation effects.

**Key words** Chinese cabbage; Storage method; Chlorophyll degradation; Pheophytinase

大白菜(*Brassica rapa pekinensis*)为十字花科蔬菜,起源于我国,是我国栽培面积最大的蔬菜作物之一。大白菜产量高、耐贮运、供应期长、营养丰富、味道鲜美、食用方法多样,有“蔬菜之王”的美称<sup>[1]</sup>,且大白菜中含有脂肪、蛋白质、膳食纤维、水分、V<sub>B</sub>、V<sub>B</sub>、V<sub>C</sub>,还含有钾、钠、钙、镁、铁等矿物质元素,是深受人们喜爱并经常食用的蔬菜<sup>[2]</sup>。

然而,随着种植业结构的调整、人民生活水平的日益提高和蔬菜种类的日趋丰富,蔬菜市场也出现了新的变化,要求大白菜产品四季都有供应,而且反季节需求逐年增加<sup>[3]</sup>。大白菜极易脱绿变黄(白),这就需要在大白菜实施有效可行的保鲜技术,以满足人们的需求。

叶绿素(chlorophyll, Chl)是绿色植物叶绿体内参与光合作用的重要色素,在光合作用的能量捕获及能量传递中起着非常重要的作用<sup>[4]</sup>,同时也是与果蔬采后商品性密切相关的重要色素之一<sup>[5]</sup>。在果蔬成熟衰老过程中,通常是随着叶绿素的降解,果蔬特有的色泽得以显现,但绿色果蔬其绿色色泽的消退变黄(白)往往是其品质下降的重要标志<sup>[6]</sup>。笔者研究了冷库和传统窖贮藏方式对大白菜叶绿素降解的抑制

效果,以期为大白菜的贮藏保鲜提供技术参考。

## 1 材料与方法

**1.1 材料** 大白菜,品种为新3号,产地为北京通州;120 cm×200型0.03 mm厚度的金蝶PE保鲜袋,北京科创汇达生物科技有限公司。

主要仪器设备:UV-1800紫外分光光度计,上海精密科学仪器有限公司;TGL-16G-A高速冷冻离心机,广州晟龙实验仪器有限公司;QT-CN0T-201 O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>便携式测定仪,北京宏昌信科技有限公司。

**1.2 方法** 将200颗大白菜分别去外层叶,然后用0.03 mm PE保鲜膜包装,每袋装10颗,封口后置入0℃冷库中贮藏;同时将另外200颗大白菜放入传统窖中贮藏,每20 d测定与生理生化相关指标。

## 1.3 测定指标及方法

**1.3.1 乙烯释放量。**采用气相色谱法测定,色谱条件参照Kaewsuksaeng等的方法<sup>[7]</sup>。

**1.3.2 O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>含量。**采用QT-CN0T-201 O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>便携式测定仪进行测定。

**1.3.3 可溶性糖含量的测定。**可溶性糖提取方法参照Jia等方法并进行改良<sup>[8]</sup>,测定采用高效液相色谱法(HPLC)<sup>[9]</sup>。液相色谱仪为Waters1525系统,碳水化合物柱(Transgenomic COREGET-87C;7.8 mm×300 mm,10 μm),外加保护柱(Transgenomic CARB Sep Coregel 87C cartridge)。色谱条件:柱温85℃,参比池温度35℃,流速0.7 mL/min;Waters 2414

**基金项目** 国家大宗蔬菜产业体系建设项目(CARS-25-E-01);京津冀大白菜智能贮藏技术与设备示范和推广项目(20160106);西北非耕地园艺作物生态高效生产技术与示范项目(201203095);北京市农林科学院青年基金项目(201404)。

**作者简介** 范林林(1990-),女,山东金乡人,硕士研究生,研究方向:农产品贮藏加工与食品资源开发。\*通讯作者,副研究员,从事农产品贮藏与加工研究。

**收稿日期** 2016-05-31

示差折光检测器;流动相为脱气后的超纯水(18.2 MΩ·cm)。每次进样体积 5 μL,根据样品峰面积和各种碳水化合物化合物的标准曲线计算其含量。

**1.3.4 叶绿素含量的测定。**取 0.2 g 大白菜外叶片,加液氮研成粉末,转入 15 mL 带塞离心管中,加 80% 的丙酮水溶液,避光浸提,5 000 r/min 离心 10 min,吸取上清液稀释一倍后测定波长 645 及 663 nm 处的吸光值,按照 Aron 公式计算叶绿素 a、叶绿素 b 含量<sup>[10]</sup>。

**1.3.5 PPH 活力的测定。**参照 Aiamla-or 等的方法并予以改进<sup>[11]</sup>。丙酮粉制备:取 10 g 叶片,加入冷丙酮(-20℃)匀浆,滤纸抽滤,冷丙酮洗滤,室温干燥,-20℃贮藏备用。酶液制备:取上述丙酮粉 0.5 g,加入 25 mL 50 mmol/L 的 Tris-HCl(pH8.0),冰浴搅拌 1 h 后用 2 层纱布过滤,滤液在 4℃ 下 10 000 r/min 离心 15 min。上清液用 45%~80% 饱和硫酸铵沉淀,沉淀用缓冲液溶解,置于 4℃ 备用。PPH 活性测定:反应混合液由 0.35 mL 酶液,75 μL 2.0% Triton X-100,0.1 mL 脱镁叶绿素 a(10 μmol/L),0.7 mL 50 mmol/L Tris-HCl(pH 8.0)组成。反应于暗处 25℃ 下进行。90 min 时加入丙酮至终浓度为 25% 终止反应。然后,加入 3 mL 的正己烷萃取脱镁叶绿素 a,于波长 667 nm 测定在丙酮层中的脱镁叶绿酸 a 的吸光值。PPH 活性以 1 min 生成 1 μmol 脱镁叶绿酸 a 为一个酶活单位(U)。

**1.3.6 酶活力测定。**叶绿素酶活性测定参照文献[12]的方法,脱镁螯合酶活性参照文献[13]的方法进行测定,叶绿素过氧化酶活性参照文献[14]的方法测定。

**1.3.7 电子显微镜学。**将大白菜外叶先用 2.5% 戊二醛/67 mmol/L 磷酸缓冲溶液(pH 7.4)固定,然后再用 1% 的饿酸固定。样品进一步采用乙醇脱水,脱水后嵌入树脂中。超薄切片先用 4% 乙酸双氧铀染色再用柠檬酸铅染色,最后利用电子显微镜(Hitachi,日本东京)观察及照相。此方法参照 Suzuki 等的方法并予以改进<sup>[15]</sup>。

**1.4 数据分析** 采用 Origin 8.5 作图,试验结果取 3 次测定的平均值,以 IBM SPSS Statistics 19 进行显著性分析。

## 2 结果与分析

**2.1 冷库贮藏方式对大白菜乙烯释放量的影响** 由图 1 可知,随着贮藏时间的延长,大白菜的乙烯释放量呈现先上升后下降的趋势,在贮藏期第 60 天达到最大值,且在贮藏期 0~60 d 乙烯释放量上升速度高于贮藏期 60~100 d 时乙烯释放量的下降速度。说明采后大白菜在成熟衰老过程中仍进行着生命活动,其乙烯含量随着其成熟衰老呈现先上升后下降的趋势,且在前期大白菜的成熟衰老速度较快,贮藏后期成熟衰老速度较慢。

**2.2 冷库贮藏方式对大白菜 O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> 含量的影响** O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> 含量在一定程度上反映了大白菜在贮藏过程中的呼吸强度。由图 2 可知,随着贮藏时间的延长,大白菜的 O<sub>2</sub> 含量呈现逐渐下降的趋势,而 CO<sub>2</sub> 含量呈现逐渐上升的趋势。由此说明,大白菜在冷库贮藏条件下不断进行着呼吸作用,即不断地消耗 O<sub>2</sub> 和产生 CO<sub>2</sub>,进而导致了 O<sub>2</sub> 含量的下降和 CO<sub>2</sub> 含

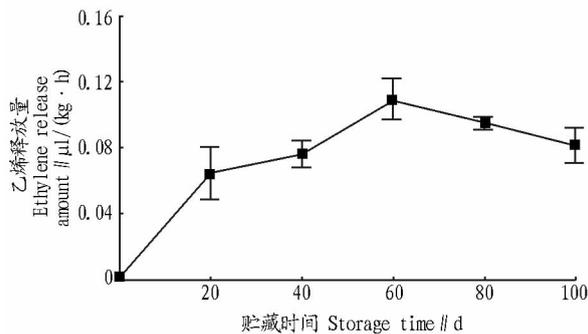


图 1 冷库贮藏方式下大白菜乙烯释放量的变化

Fig. 1 Changes of ethylene release amount in Chinese cabbage under refrigeration storage

量的上升。在贮藏期 20~80 d 时,O<sub>2</sub> 含量下降的速度和 CO<sub>2</sub> 含量上升的速度相比于贮藏初期和贮藏末期都较为缓慢,说明在此期间,大白菜的呼吸强度较小,在贮藏初期(0~20 d)和贮藏末期(80~100 d)大白菜的呼吸强度较强。因此,在生产实际过程中,应较好地抑制大白菜贮藏初期和贮藏末期的呼吸强度,使其营养物质不被消耗掉,从而达到延长大白菜货架寿命的目的。

**2.3 冷库和传统窖贮藏方式对大白菜可溶性糖含量的影响** 可溶性糖含量可在一定程度上反映大白菜的口感,是大白菜贮藏品质的一项重要指标。由图 3 可知,随着贮藏时间的延长,各试验组大白菜的可溶性糖呈现逐渐下降的趋势,其中传统窖组大白菜的可溶性糖始终高于冷库组,在贮藏期第 60 天时,传统窖组大白菜的可溶性糖是冷库组的 1.35 倍,这可能与传统窖贮藏的大白菜失水有关,导致其可溶性糖含量的上升。因此,冷库贮藏方式可较好地维持大白菜的水分含量。

**2.4 冷库和传统窖贮藏方式对大白菜叶绿素含量的影响** 色泽是评价绿色果蔬品质的重要指标之一,也是消费者选择果蔬的重要标准。叶绿素是植物进行光合作用的重要色素物质。新鲜大白菜色泽鲜绿,叶绿素含量高;采后随着贮藏时间的延长,其叶绿素不断降解,大白菜绿色色泽逐渐消退变黄(白),严重影响大白菜的感官品质。

叶绿素细分为叶绿素 a 和叶绿素 b,其含量反映了大白菜的色泽,叶绿素含量越多表明大白菜叶越绿。由图 4 可知,随着贮藏时间的延长,各试验组大白菜的叶绿素 a 和叶绿素 b 含量呈现逐渐下降的趋势,其中冷库组大白菜的叶绿素 a 和叶绿素 b 含量始终高于传统窖贮藏组,冷库组大白菜的叶绿素 a 含量与传统窖贮藏组白菜的叶绿素 a 含量在整个贮藏期间呈现显著性差异( $P < 0.05$ ),在贮藏期第 40 天时,冷库组大白菜的叶绿素 a 含量是传统窖组的 2.10 倍,冷库组大白菜的叶绿素 b 含量与传统窖贮藏组白菜的叶绿素 b 含量在整个贮藏期间差异性不显著( $P > 0.05$ )。因此,冷库贮藏方式可较好地维持大白菜的叶绿素含量,减缓叶绿素的降解,较好地保留了大白菜的营养物质,保持大白菜鲜绿。

**2.5 冷库和传统窖贮藏方式对大白菜叶绿素降解相关酶活性的影响** PPH 专一催化脱镁叶绿素 a 生成脱镁叶绿酸

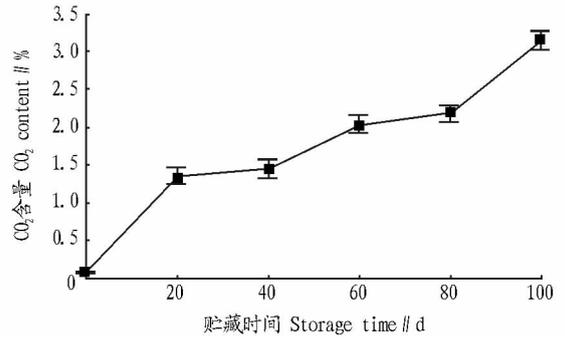
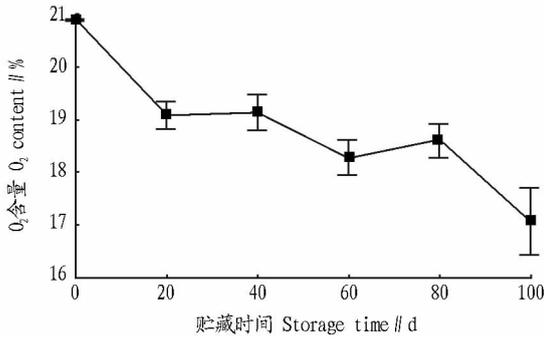


图2 冷库贮藏方式下大白菜 O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> 含量的变化

Fig. 2 Changes of O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> content in Chinese cabbage under refrigeration storage

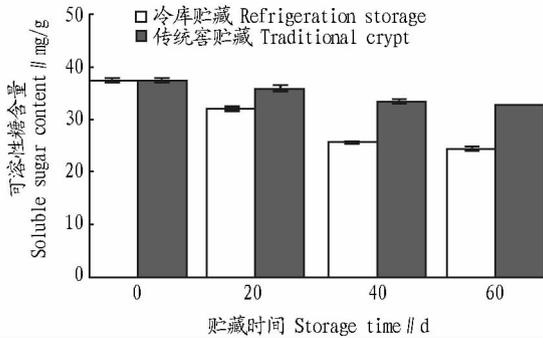


图3 不同贮藏方式下大白菜可溶性糖含量的变化

Fig. 3 Changes of total soluble sugar content in Chinese cabbage under different storage methods

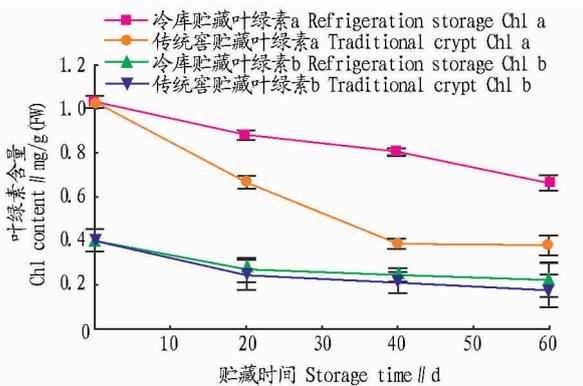


图4 不同贮藏方式下大白菜叶绿素含量的变化

Fig. 4 Changes of chlorophyll content in Chinese cabbage under different storage methods

a<sup>[16]</sup>,为PAO的开环反应提供了唯一的底物。PPH的发现改变了以往认为叶绿素酶是叶绿素降解的第1步的观点<sup>[17]</sup>。由图5A可知,传统窖组大白菜的脱镁叶绿素酶活性在整个贮藏期间基本无变化,且始终高于冷库组,而冷库组大白菜的脱镁叶绿素酶活性基本呈现逐渐下降的趋势,在贮藏期第60天时,冷库组大白菜的脱镁叶绿素酶活性仅为传统窖组的61.29%,由此说明,传统窖贮藏的大白菜叶绿素会在较高的脱镁叶绿素酶活性下很快降解。

有研究表明,植物体内的叶绿素在叶绿素酶和脱镁叶绿素酶的作用下,分别脱去植基和镁离子,生成具有环状结构的脱镁叶绿酸a,之后在氧化还原酶及丙二酸单酰转移酶作

用下最终变为无色、无荧光的线性四吡咯物质(NCCs),而叶绿素酶在此阶段中起关键性作用<sup>[18-19]</sup>。由图5B可知,随着贮藏时间的延长,各试验组大白菜的叶绿素酶活性呈现先上升后下降再上升的趋势,在贮藏期0~40d时,传统窖组大白菜的叶绿素酶活性始终高于冷库组,且在贮藏期第20天时达到最大值,此时传统窖组大白菜的叶绿素酶活性是冷库组的1.71倍。由此说明,传统窖组大白菜的叶绿素酶活性在贮藏初期第20天时达到峰值,导致了大白菜叶绿素的快速降解,进而使大白菜脱绿。在贮藏期第60天时,冷库组大白菜的叶绿素酶活性才达到最大值,较好地抑制了大白菜的叶绿素酶活性,从而延缓了叶绿素的降解。

由图5C可知,随着贮藏时间的延长,传统窖组大白菜的叶绿素过氧化物酶活性呈现逐渐下降的趋势,而冷库组大白菜的叶绿素过氧化物酶活性呈现先上升后下降的趋势,且在整个贮藏期间,冷库组大白菜的叶绿素过氧化物酶活性始终高于传统窖组。而图4显示冷库组大白菜的叶绿素含量显著高于传统窖组,因此叶绿素过氧化物酶活性对大白菜的叶绿素降解并无明显影响。

由图5D可知,随着贮藏时间的延长,冷库组大白菜的脱镁螯合酶活性基本无变化,略微上升,而传统窖组大白菜的脱镁螯合酶活性先下降后上升再下降,且在贮藏期40~60d时,高于冷库组。

**2.6 冷库和传统窖贮藏大白菜细胞的超微结构** 由图6可知,在贮藏期第100天时,冷库组大白菜的叶绿体的完整性被较好地保持,且叶绿体数量较多,而传统窖贮藏的大白菜叶绿体膜已经破裂,且叶绿体数量较少,因此冷库贮藏有利于保护大白菜叶绿体的完整性和维持叶绿体的数量,传统窖贮藏的大白菜细胞中的叶绿体较少,并且叶绿体膜破裂,从而促进了叶绿体的降解。

### 3 结论与讨论

大白菜在贮藏过程中易产生乙烯,而乙烯的积累导致大白菜迅速衰老,且发生腐烂等现象,因此通风成为大白菜贮藏保鲜的关键因素,而该研究采用的是0℃冷库,冷库具有通风的作用,因此相比于窖藏,0℃冷库更有利于大白菜的贮藏。李兰红报道了大白菜窖贮藏保鲜技术<sup>[20]</sup>,该研究对比了大白菜的窖贮藏保鲜技术与0℃冷库保鲜技术,结果发现,0

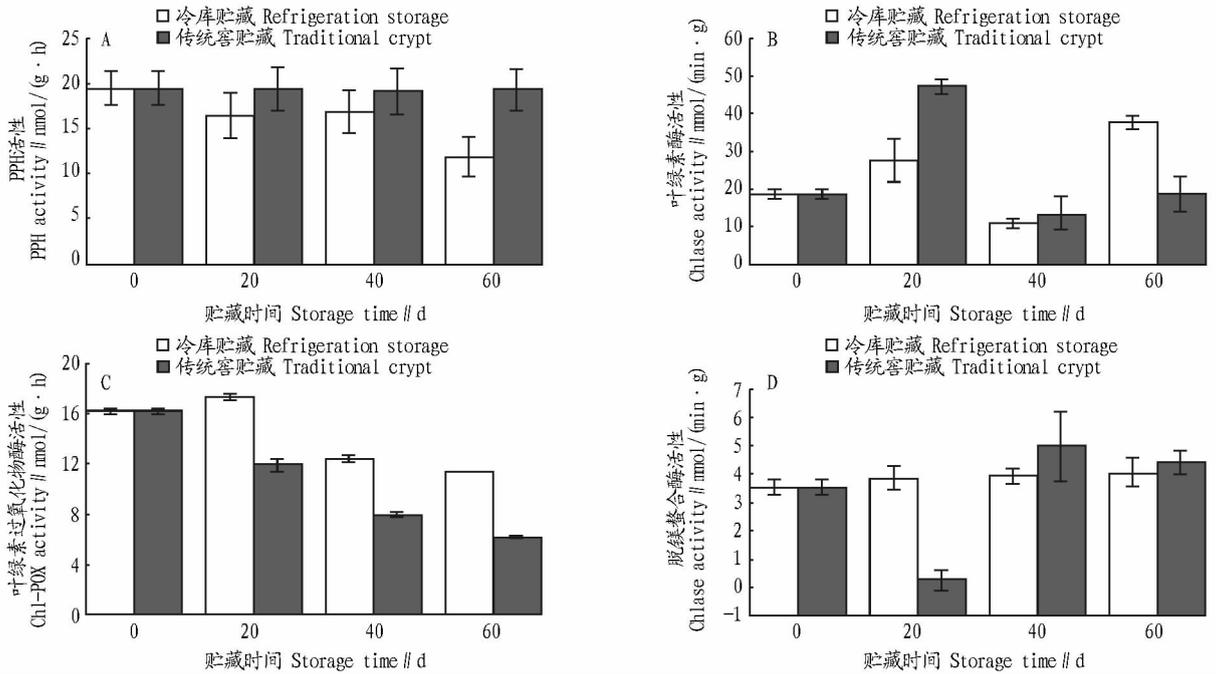
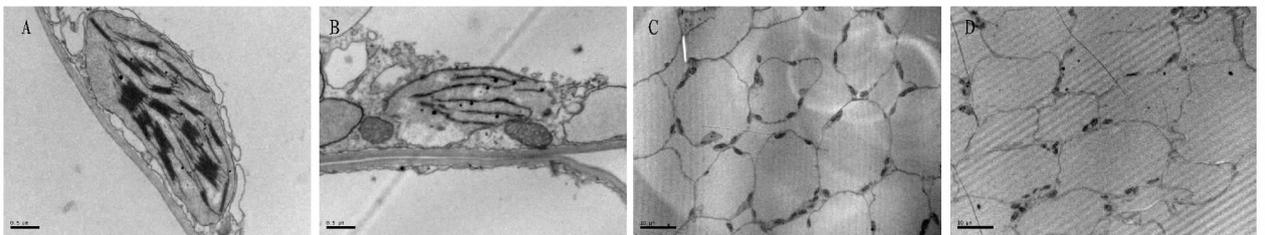


图5 不同贮藏方式下大白菜叶绿素降解相关酶活性的变化

Fig. 5 Changes of chlorophyll degradation enzyme activity of Chinese cabbage under different storage methods



注:A. 冷库贮藏第100天时的叶绿体( $\times 25\ 000$ ); B. 冷库贮藏第100天时的细胞( $\times 1\ 000$ ); C. 传统窖贮藏第100天时的叶绿体( $\times 25\ 000$ ); D. 传统窖贮藏第100天时的细胞( $\times 1\ 000$ )。

Note: A. Chloroplast of refrigeratory cabbage at 100 d; B. Cells of refrigeratory cabbage at 100 d; C. Chloroplast of traditional crypt cabbage at 100 d; D. Cells of traditional crypt cabbage at 100 d.

图6 不同贮藏方式下大白菜细胞的超微结构

Fig. 6 Ultrastructural changes of leaf parenchyma cell of Chinese cabbage under different storage methods

℃冷库更有利于大白菜的贮藏。另外,在大白菜的贮藏过程中,大白菜的呼吸强度特别大,因此,低温也是大白菜贮藏的关键条件。最后,第2年售卖的白菜都比第1年售卖的白菜要白,说明随着贮藏时间的延长,大白菜中的叶绿素在不断地降解,该研究采用的0.03 mm PE袋包装结合0℃冷库贮藏对大白菜的叶绿素降解有较好的抑制作用。

该研究结果表明,相比于传统窖贮藏,冷库贮藏能够有效地延缓大白菜的水分损失,维持叶绿素含量,较好地抑制了参与叶绿素降解途径的相关酶活性,其中包括脱镁叶绿素酶、叶绿素酶活性、脱镁螯合酶活,叶绿素过氧化物酶被证实不是参与大白菜叶绿素降解的关键酶;除此之外,还较好地维持了大白菜叶绿体的完整性及其数量。

#### 参考文献

[1] 鲁奇林,王娜,冯叙桥,等. 大白菜贮藏过程中硝酸盐和亚硝酸盐含量变化分析[J]. 食品科学,2014,35(18):151-155.  
[2] 孙秀秀,王新伟,刘欢,等. 白菜基可食性蔬菜纸的研究[J]. 农产品加工·学刊,2010(4):4-7.

[3] 应巧红,刘化宙,龙启勇,等. 大白菜组合新早五的选育与栽培要点[J]. 浙江农业科学,2015,56(5):689-690.  
[4] 王宝增. 叶绿素降解代谢的研究进展[J]. 生物学教学,2010,35(2):7-8.  
[5] 杨晓棠,张昭其. 果蔬采后叶绿素降解与品质变化的关系[J]. 果蔬学报,2005,22(6):691-696.  
[6] 王丽娇,牟其云,李文香,等. 微真空条件对西兰花叶绿素降解与内源抗氧化性的影响[J]. 食品科学,2013,34(20):312-317.  
[7] KAEWSUKSAENG S, TATMALA N, SRILAONG V, et al. Postharvest heat treatment delays chlorophyll degradation and maintains quality in Thai lime (*Citrus aurantifolia* Swingle cv. Paan) fruit [J]. Postharvest biology and technology, 2015, 100:1-7.  
[8] JIA H J, HIRANO K, OKAMOTO G. Effect of fertilizer levels on tree growth and fruit quality of "Hakuho" peaches (*Prunus persica*) [J]. Journal of Japanese society for horticultural science, 1999, 68(3):487-493.  
[9] GOMEZ L, RUBIO E, AUGÉ M. A new procedure for extraction and measurement of soluble sugars in ligneous plants [J]. Journal of science of food and agriculture, 2002, 82:360-369.  
[10] ARNON D I. Copper enzymes in isolated chloroplasts; Polyphenol oxidase in *Beta vulgaris* [J]. Plant physiology, 1949, 24:1-5.  
[11] AIAMLA-OR S, NAKAJIMA T, SHIGYO M, et al. Pheophytinase activity and gene expression of chlorophyll-degrading enzymes relating to UV-B treatment in postharvest broccoli (*Brassica oleracea* L. Italica Group) florets [J]. Postharvest biology and technology, 2012, 63:60-66.

(下转第175页)

坐凳、麻绳栏杆、透空式树池等)进行景观平面的分隔,打破原有的场地空间布局,形成多个相互关联的特色空间,使空

间的变化更加富有节奏感,行人的景观感受更加富有趣味性。

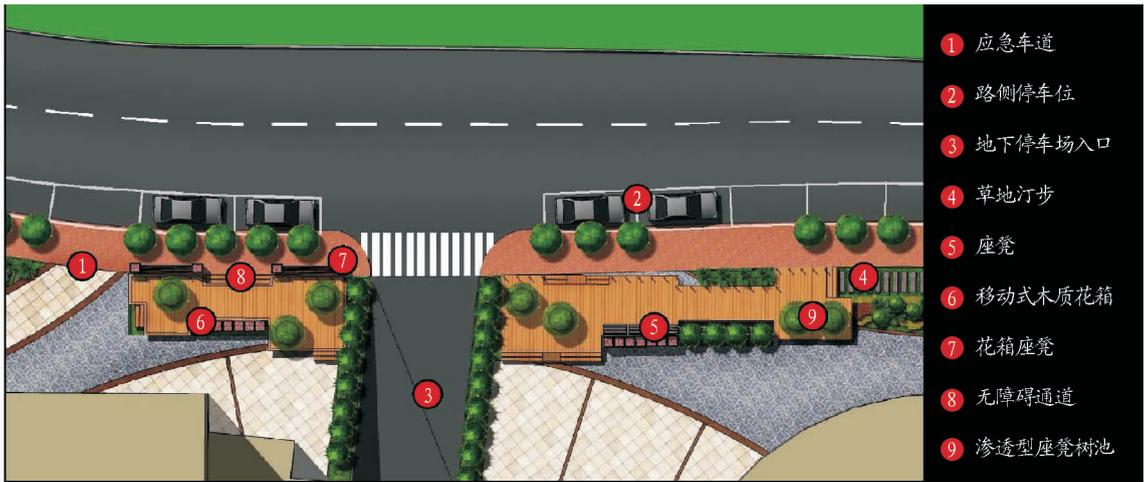


图 10 中部空间景观平面

Fig. 10 Central spatial landscape plane



图 11 局部效果

Fig. 11 Part effect

**4.4 实用性原则** 街道空间由于其所处位置的特殊性,相比建筑而言具有更大的不确定性,城市规划的修编和城市设计的变更对于城市街道空间的形态有着重大影响。因此,街

道空间景观的慢行设计应当充分考虑到使用材料的环保性和可回收性,做到循环利用,拆装便捷,避免重复建设造成的资源浪费<sup>[2-3]</sup>。

## 5 结语

街道空间的慢行体验设计可以显著提高城市公共空间的有效利用率,充分体现以人为本的设计理念。慢行体验设计的核心在于慢行和体验。慢行是体验的前提,体验是慢行的反映,两者相互影响,相互依存。

## 参考文献

(上接第 89 页)

- [12] FANG Z Y, BOUWKAMP J C, SOLOMOS T. Chlorophyllase activities and chlorophyll degradation during leaf senescence in non-yellowing mutant and wild type of *Phaseolus vulgaris* L. [J]. Journal of experimental botany, 1996, 49: 503 - 510.
- [13] 王阳光. 采后青梅果实叶绿素降解机制及保绿措施的研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2003.
- [14] AIAMLA-OR S, SHIGYO M, ITO S, et al. Involvement of chloroplast peroxidase on chlorophyll degradation in postharvest broccoli florets and its control by UV-B treatment[J]. Food chemistry, 2014, 165: 224 - 231.
- [15] SUZUKI Y, KIMURA T, TAKAHASHI D, et al. Ultrastructural evidence for the inhibition of chloroplast-to-chromoplast conversion in broccoli floret sepals by ethanol vapor[J]. Postharvest biology and technology, 2005, 35: 237 - 243.

- [1] 姜涛. 基于边界特性的城市街道空间设计[J]. 大众文艺(学术版), 2011(14): 53 - 54.
- [2] 邱书杰. 作为城市公共空间的街道空间规划策略[J]. 建筑学报, 2007(3): 9 - 14.
- [3] 荐晓峰, 涂军, 万乐. 对城市慢行系统及慢行空间景观营建的研究: 以南京栖霞国际慢城为例[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(6): 221 - 222.
- [16] MOLIST F, SEGURA A G, GASA J, et al. Effects of the insoluble and soluble dietary fibre on the physicochemical properties of digesta the microbial activity in early weaned piglets[J]. Animal feed science and technology, 2009, 149(3): 346 - 353.
- [17] HARA H, HAGA S, KASAI T, et al. Fermentation products of sugar - beet fiber by cecal bacteria lower plasma cholesterol concentration in rats[J]. J Nutr, 1998, 128(4): 688 - 693.
- [18] MATILE P, HORTENSTEINER S, THOMAS H. Chlorophyll degradation [J]. Annu Rev Plant Physiol Plant Molo Biol, 1999, 50: 67 - 95.
- [19] BERGHOLD J, BREUKER K, OBERHUBER M, et al. Chlorophyll breakdown in spinach: On the structure of five nonfluorescent chlorophyll catabolites[J]. Photosynth Res, 2002, 74(2): 109 - 119.
- [20] 李兰红. 大白菜窖贮藏保鲜技术[J]. 现代化农业, 2013(7): 23 - 24.