

# 青菜机械损伤的检测方法研究

王向阳, 于胜爽, 潘 炎, 吕 丽

(浙江工商大学 食品与生物工程学院, 浙江 杭州 310035)

**摘 要:**以“上海五月慢”青菜为试材,分别在常温和 2℃低温贮藏 5 d 和 15 d,按照大量、少量、无损 3 个等级对青菜进行折伤、刺伤、砸伤 3 种损伤处理,采用伤口染色、测定电导率、亨特 L 值色泽测定、伤口糖含量测定等方法,测定 3 种损伤处理青菜的电导率、伤口微生物总数、伤口糖含量、伤口色泽 L 值的变化。结果表明:伤口染色法可以快速直观检测出 3 种机械伤,即使少量损伤也能检出,可用于样品抽查;电导率法可以检出大量砸伤和大量折伤的青菜;损伤引起电导率升高,在常温下,损伤青菜的电导率随贮藏时间的延长而上升,但在 2℃低温下则相反;伤口糖含量的测定方法,对 3 种青菜损伤的检测效果均不理想;伤口微生物检测法可用于检测贮藏后期青菜的大量砸伤和大量折伤;亨特 L 值色泽测定法检测效果较好,损伤引起伤口 L 值下降,能检测砸伤和刺伤,青菜在常温和 2℃低温贮藏,伤口 L 值持续下降,而对照 L 值不变或上升。

**关键词:**检测;青菜;机械损伤

**中图分类号:**S 642.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)05-0026-05

采收期间果蔬受到的机械伤害和产生的生理、生化病害是导致经济损失的重要原因。果蔬的机械伤导致腐烂,其检测方法一直是采后领域的技术难题。Amorim 等<sup>[1]</sup>对核果的研究表明,果蔬受到的机械损伤和采后的病害呈明显的正相关。无损检测方法由于不破坏产品,更准确、便捷,在果蔬生产加工、分级处理中有多方面重要的应用价值<sup>[2]</sup>。目前在国外,红外或近红外光谱(NIR)被广泛应用,主要检测果蔬的可溶性糖含量、酸含量、硬度以及内部伤害等,且所用仪器操作简单、快速<sup>[3]</sup>。Lu 等<sup>[4]</sup>利用压力敏感涂层技术( $F_{PSF}$ )检测苹果的冲击压及机械损伤的研究结果表明,果实跌落后的损伤面积和体积可以通过  $F_{PSF}$  得到的冲击力的回归模型进行预测。Milczarek 等<sup>[5]</sup>利用磁共振图像的多变量分析技术测定番茄果皮的机械伤害,研究证明此方法可以有效预测番茄果皮组织的电导率值。超光谱影像技术更被广泛应用于各种果蔬的无损检测中,如 NIR 超光谱用于斑点检测<sup>[6]</sup>,苹果品质和损伤的超光谱检测技术<sup>[7-9]</sup>,黄瓜瑕疵的超光谱检测技术<sup>[10-11]</sup>等。在国内,无损检测技术在果蔬机械损伤的检测方面研究相对较少。

前人的机械伤检测方法所需的设备一般要求高,难

以在生产实践中使用。而有关果蔬的伤口染色等快速可行的检测方法的研究尚鲜见报道。现以“上海五月慢”青菜为试材,采用伤口染色、测定电导率、测伤口色泽 L 值等方法对青菜的折伤、刺伤、砸伤 3 种损伤进行检测,分大量、少量、无损 3 种等级,以找出快速、有效、简单、实用的检测果蔬机械损伤的方法,以期能为运输和加工过程中的新鲜果蔬分级等提供更多参考信息。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试“上海五月慢”青菜(*Brassica campestris* L. ssp. *chinensis*),采自浙江省杭州市笕桥镇水墩村四组 50 号菜地,选取无损伤且外观、大小等基本一致植株备用。

### 1.2 试验方法

先将青菜叶片剥下进行清洗,除根部剥过的伤口外,其它部位均不得损伤。所有处理只在菜叶反面进行。处理方式按照以下 3 种方法进行,(1)折伤:在菜叶的茎络分布处将菜叶折伤,大量(10 折)、少量(1 折)、对照(无损);(2)刺伤:用针在菜叶表面刺孔,大量(20 孔)、少量(4 孔)、对照(无损);(3)砸伤:50 g 的重物(砝码)以 12 cm 高度下落砸在菜叶表面,大量(10 次)、少量(1 次)、对照(无损)。

将青菜按照要求处理好后分别置于常温(25±3)℃、2℃下贮藏,然后从当天开始连续 5 d 测定常温下青菜的各项损伤指标,而 2℃下贮藏的青菜则从当天开始每 3 d 测定 1 次,测到第 15 天。

**第一作者简介:**王向阳(1966-),男,博士,教授,博士生导师,现主要从事食品保鲜与果蔬加工及生物活性物质开发等研究工作。  
E-mail: wxy200228@yahoo.com.cn.

**基金项目:**浙江省重大科技专项资助项目(2011c12031)。

**收稿日期:**2013-11-22

### 1.3 项目测定

1.3.1 伤口染色 每处理 10 片叶用 5%(w/v)酸性品红染色剂在伤口上染色,静置 15 min 后水洗。染色后,判断伤口是否能明显看出。并将菜叶染色前后的对比情况用数码相机(Powershot A75, Canon)拍下来。感官指标:染色前后伤口明显程度依以下标准评判,0-肉眼看不出、1-不明显、2-不太明显、3-较明显、4-明显。

1.3.2 电导率测定 按照李获<sup>[12]</sup>的方法测定菜叶的电导率:挑选同一处理(包括相同的菜叶大小、处理时间、位置、深度)的 5 片菜叶放入 500 mL 烧杯中,加入 500 mL 的超纯水,根部露出液面。从 0 min 开始每隔 5 min 测取其电导率(DDB-6200 型电导率仪),直到 30 min 为止。每天的电导率变化速率( $\mu\text{m} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ )=(30 min 电导率值-0 min 电导率值)/30 min。2 次重复。

1.3.3 伤口微生物总数测定 每处理 10 片叶,样品均用 2 mL 蒸馏水反复 5 次清洗伤口,取 0.2 mL 洗出液,在载玻片上用美蓝染色后,涂成 1 cm×1 cm 方形,基本相同面积,在显微镜下随机找 3 个不同的视野观察,数出菌落总数再求平均值。

1.3.4 伤口糖含量测定 按照傅博强等<sup>[13]</sup>的方法检测和计算伤口的糖含量:每处理 10 片叶,用 2 mL 蒸馏水反复 5 次清洗每片叶片伤口,分别准确移取 1 mL 伤口洗出液于具塞试管中,以 1 mL 蒸馏水作空白,每管再加入 4 mL 0.33%(w/v)蒽酮-硫酸试液,立即摇匀,置于冰水浴中,然后一起置于沸水浴中加热 7 min,之后用流动自来水迅速冷至室温,放置 10 min 后,于 620 nm 处测定吸光度(721 分光光度计),用同样的方法制作葡萄糖溶液(1.002 mg/mL)的标准曲线。

1.3.5 色泽测定 每处理 10 片叶,菜叶伤口用扫描仪(S2W-3300U, BenQ)扫描成图片,再通过计算机使用 Adobe Photoshop 7.0 软件在 Lab 颜色模式下读取 L 值。扫描仪扫描像素 300。用 Photoshop 软件打开扫描后的图片,将画面放大到 100%,然后取伤口部分 10 个点分别记录下各点的 L 值,再求平均值。每次测完后菜叶保存,留待下一次测量<sup>[14-15]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 机械损伤对青菜感观品质的影响及伤口染色检查结果

由表 1 可以看出,室温情况下,前 3 d 伤口由于菜叶萎蔫和自愈作用,感观品质变化不明显;后 3 d 菜叶开始变黄,伤口开始腐烂,损伤变得明显。

由表 2 可以看出,在 2℃ 条件下,菜叶伤口变化比常温的慢,直到第 12 天菜叶开始变色,伤口开始有较明显的腐烂,感官品质也才有明显的变化,且第 12 天与第 15 天变化不是很大。

通过染色前后的对比得知,染色能使伤口变得十分明显、直观。分析图谱可知,在伤口未腐烂以前,染色的效果是明显的,对发现少量伤口是有效的。在染色试验中,随着菜叶的失水萎蔫和伤口自愈作用,染色效果会逐渐减弱。可采取延长染色时间和适当的复水,再染色,效果就很明显。

染色法可应用于定性的检测,可以快速且直观的检测出机械损伤。适合于现场操作,在实际生产中可以总结规律,划分标准,对果蔬分级。为了减少样品的浪费,建议使用食用色素进行染色。

表 1 染色对青菜叶片 3 种损伤的外观影响(室温)

Table 1 The effect of staining on general appearance of three types wounded *Brassica campestris* leaves stored at ambient temperature

处理	0 d	1 d	2 d	3 d	4 d	5 d
折伤大量	3	3	2	2	3	2
折伤少量	2	2	1	1	2	2
折伤少量染色	4	4	4	4	4	4
刺伤大量	3	2	2	2	3	3
刺伤少量	2	2	1	1	3	3
刺伤少量染色	4	4	4	4	4	4
压伤大量	3	3	3	3	3	3
压伤少量	2	2	2	2	3	3
压伤少量染色	4	4	4	4	4	4
对照	0	0	0	0	0	0
对照染色	0	0	0	0	0	0

表 2 染色对青菜叶片 3 种损伤的外观影响(2℃)

Table 2 The effect of staining on general appearance of three types wounded *Brassica campestris* leaves stored at 2℃

处理	0 d	3 d	6 d	9 d	12 d	15 d
折伤大量	3	2	2	2	3	3
折伤少量	2	1	1	1	2	2
折伤少量染色	4	4	4	4	4	4
刺伤大量	3	2	2	2	3	3
刺伤少量	2	1	1	1	2	3
刺伤少量染色	4	4	4	4	4	4
压伤大量	3	3	2	2	3	3
压伤少量	2	2	2	2	3	3
压伤少量染色	4	4	4	4	4	4
对照	0	0	0	0	0	0
对照染色	0	0	0	0	0	0

### 2.2 青菜叶片损伤处理对电导率的影响

从图 1 可以看出,大量砸伤后期电导率上升最大,其次是大量折伤,第三是少量折伤。刺伤和少量折伤引起的电导率上升比较小,0~2 d 内菜叶的电导速率有变小趋势,其中砸伤和折伤的电导速率与对照在数值上有一定的差别,但是刺伤的电导率和对照的差别很小。因此电导率方法可以测定砸伤和折伤,不能用于检测刺伤。从第 3 天开始,电导速率值变大,大量砸伤上升最快,其次是大量折伤,第三是少量折伤。刺伤检测效果相对比较差。常温下,菜叶第 3 天开始变色和腐烂。因此,采用电导率法能反映大量砸伤和大量折伤的菜叶伤

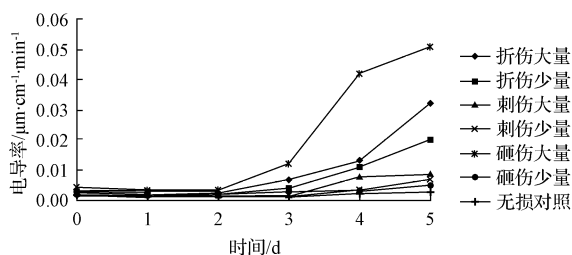


图1 青菜叶片损伤处理对电导率的影响(常温)

Fig. 1 The effect of mechanical damage on electrical conductivity rate of *Brassica campestris* leaves stored at ambient temperature

口随时间变化的定量关系。

由图2可以看出,刚处理时,砸伤导致电导率上升最明显,其次是折伤,刺伤引起电导率上升最小。机械伤大量处理的电导率比少量损伤的电导率值相对较大。由此证明电导率法检测伤口是有效的。2℃冷藏后,相互差异减少。基本保持原来规律。在2℃条件下0~15 d内菜叶的电导率变化从整体上看呈下降趋势,从第12天开始有所上升。根据感官评价,在2℃条件下第12天开始,菜叶有腐烂出现。0~12 d间的电导率变化曲线图与常温前3 d的曲线图基本一致。电导率法检测青菜机械损伤也是可行的。

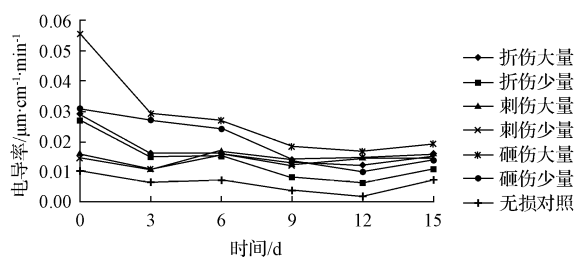


图2 青菜叶片损伤处理对电导率的影响(2℃)

Fig. 2 The effect of mechanical damage on electrical conductivity rate of *Brassica campestris* leaves stored at 2°C

### 2.3 青菜叶片损伤处理对伤口微生物总数的影响

从图3、4可以看出,各种损伤的伤口微生物总数均高于对照,差异比较明显。常温下,各处理前2 d总菌落数变化比较小,砸伤微生物最多,折伤其次,刺伤微生物最少。大量砸伤的微生物多于少量砸伤。但是第3天后,样品之间差异非常明显,砸伤和折伤的微生物增加,而刺伤出现上升后下降现象,这可能与样品是否腐烂的差异有关。2℃下,微生物总数变化规律和常温下类似,伤口的菌落数,随贮藏时间延长,总体上升。后期刺伤大量微生物总数波动大。因此,以菌落总数作为砸伤和折伤的指标还是有比较好的效果。但是作为刺伤的指标有比较大的误差,其原因可能是刺伤是否引起青菜腐

烂样品间差异很大。

### 2.4 青菜叶片损伤处理对伤口糖含量的影响

伤口糖分所测的吸光度值都很小,不在分光光度计正常的读数范围内,所测得的数据波动很大。说明伤口洗出液的糖含量太低,采用蒽酮-硫酸法难以准确测出。也难以测出轻重损伤之间的差异。所以青菜检测伤口糖含量的方法来判断机械伤是不理想的,但其是否可以用于含糖高的水果中,还有待试验。

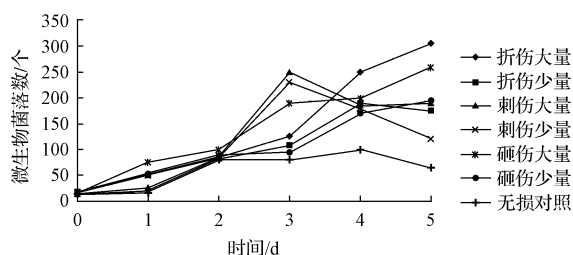


图3 青菜叶片损伤处理对伤口菌落数的影响(常温)

Fig. 3 The effect of mechanical damage on amount of colony of wounded point of *Brassica campestris* leaves stored at ambient temperature

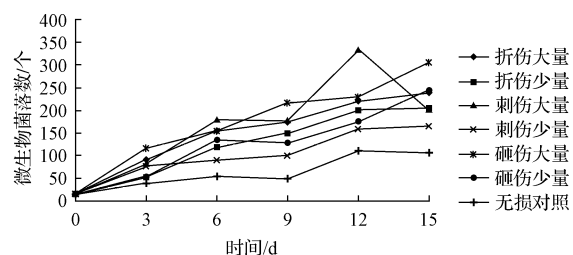


图4 青菜叶片损伤处理对伤口菌落数的影响(2℃)

Fig. 4 The effect of mechanical damage on amount of colony of wounded point of *Brassica campestris* leaves stored at 2°C

### 2.5 青菜叶片损伤处理对色泽变化的影响

由图5和图6可知,折伤处理的伤口L值比较高,其原因是折伤的位置是叶脉,其本身L值就比较高。而对照、刺伤和砸伤都是在叶肉处,可以明显看出,刺伤和砸伤都降低了伤口L值。其中2种刺伤和大量砸伤的伤口L值更低。

常温下5 d,各种损伤的L值曲线变化呈下降趋势。折伤的L值比砸伤和刺伤的L值下降速度更快。在前2 d,折伤的L值变化比较平缓,后3 d下降比较快,而对照在3 d后L值有所上升,其原因是菜叶变黄。至于轻重损伤之间的L值差异,砸伤大量伤口的L值比砸伤少量的L值显著降低。折伤和刺伤的轻重损伤之间的L值差异很小,原因是都是在折伤、刺孔上取点,2种损伤的大量和少量之间的差别只是同张叶片上伤口数量的差别,而这不能在L值检测中体现出来。

2℃下各种损伤的 L 值曲线变化呈下降趋势,对照的 L 值基本保持不变。损伤与对照,轻重损伤之间的差异在色泽上的表现同常温的基本一致。

色泽法测定机械损伤的效果比较明显。但该方法也有缺陷,主要是扫描时,菜叶的凹凸不平,所以扫描时尽量使菜叶展平。

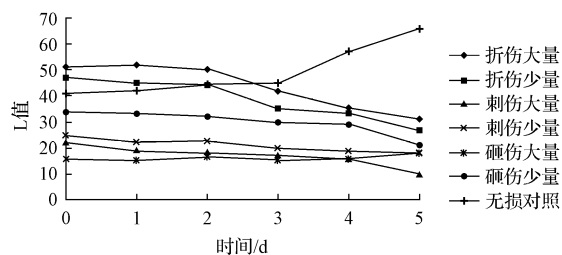


图5 青菜叶片损伤处理对伤口色泽的影响(常温)

Fig. 5 The effect of mechanical damage on Hunter L values of wounded point of *Brassica campestris* leaves stored at ambient temperature

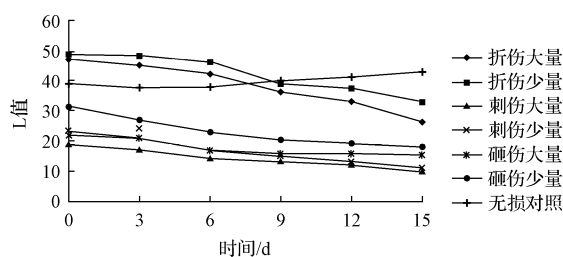


图6 青菜叶片损伤处理对伤口色泽的影响(2℃)

Fig. 6 The effect of mechanical damage on Hunter L values of wounded point of *Brassica campestris* leaves stored at 2℃

### 3 结论

该试验结果表明,染色法可以快速检测出机械伤,特别是少量伤口也能很容易检出。电导率法可以检测大量砸伤和大量折伤,损伤造成叶片电导率上升。在常温下,损伤青菜的电导率随贮藏时间延长呈上升趋势,而在低温下,青菜的电导率随贮藏时间延长反而下降,到腐烂时才重新上升。伤口微生物检测法对于检测大量砸伤和大量折伤有一定的效果,刚损伤时候伤口微生物几乎没有差异,贮藏中后期,差异比较明显。检测刺伤样品前期差异小,后期误差大,并不适合。伤口糖含

量的测定方法,由于青菜糖含量很低,检测伤口洗出液中微量的糖,其误差很大,因此青菜采用检测伤口糖含量的方法来判断机械伤是不理想的。亨特 L 值色泽测定法,检测效果比较好。砸伤和刺伤的 L 值下降,因此可以检测出砸伤和刺伤。在常温和低温贮藏中伤口 L 值持续下降,而对照在常温中开始不变,后期上升;对照在低温下,基本保持不变。

### 参考文献

- [1] Amorim L, Martins M C, Lourenco S A, et al. Stone fruit injuries and damage at the wholesale market of Sao Paulo Brazil[J]. Postharvest Biology and Technology, 2008, 47: 353-357.
- [2] 莫润阳. 无损检测技术在水果品评价中的应用[J]. 物理学和高新技术, 2004, 33(11): 848-851.
- [3] Ritenour M, Burks T. Non-destructive evaluation of vegetable quality[J]. American Vegetable Grower, 2009, 57(2): 62.
- [4] Lu F, Ishikawa Y, Kitazawa H, et al. Measurement of impact pressure and bruising of apple fruit using pressure-sensitive film technique[J]. Journal of Food Engineering, 2010, 96: 614-620.
- [5] Milczarek R R, Saltveit M E, Garvey T C, et al. Assessment of tomato pericarp mechanical damage using multivariate analysis of magnetic resonance images[J]. Postharvest Biology and Technology, 2009, 52: 189-195.
- [6] Nicolai B M, Beullens K, Bobelyn E, et al. Nondestructive measurement of fruit and vegetable quality by means of NIR spectroscopy: A review[J]. Postharvest Biology and Technology, 2007, 46: 99-118.
- [7] Wang N, ElMasry G. Bruise detection of apples using hyperspectral imaging[M]. Hyperspectral Imaging for Food Quality Analysis and Control, 2010: 295-320.
- [8] ElMasry G, Wang N, Vigneault C, et al. Early detection of apple bruises on different background colors using hyperspectral imaging[J]. LWT-Food Science and Technology, 2008, 41: 337-345.
- [9] Huang M, Lu R. Apple mealiness detection using hyperspectral scattering technique[J]. Postharvest Biology and Technology, 2010, 58: 168-175.
- [10] Ariana D P, Lu R. Hyperspectral imaging for defect detection of pickling cucumbers[M]. Hyperspectral Imaging for Food Quality Analysis and Control, 2010: 431-447.
- [11] Ariana D P, Lu R, Guyer D E. Near-infrared hyperspectral reflectance imaging for detection of bruises on pickling cucumbers[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2006, 53: 60-70.
- [12] 李获. 电化学原理(修订版)[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1999: 10-13.
- [13] 傅博强, 谢明勇, 聂少平, 等. 茶叶中多糖含量的测定[J]. 食品科学, 2001, 22(11): 69-71.
- [14] 施青红. 青菜中叶绿素含量的无损检测法研究[J]. 中国食品学报, 2007, 7(3): 128.
- [15] 施青红. 番茄中番茄红素含量无损检测的研究[J]. 食品研究与开发, 2006, 27(9): 99-102.

## Study on Determination Method for *Brassica campestris* Mechanical Damage

WANG Xiang-yang, YU Sheng-shuang, PAN Yan, LV Li

(College of Food Science and Biotechnology Engineering, Zhejiang Gongshang University, Hangzhou, Zhejiang 310035)



# 叶用莴苣品种比较试验

张铜庆, 李君平, 范双喜

(北京农学院 植物科学技术学院, 北京 102206)

**摘要:**以 12 个叶用莴苣品种为试材, 综合比较了不同品种植物学特性、采收期生长状况、田间生长状况和商品特性品种特性, 以期筛选出适宜在北京地区推广的适应性强、产量高、商品性好的优良叶用莴苣品种, 旨在为叶用莴苣的塑料大棚栽培品种选择提供依据。结果表明: 结球莴苣品种的 GJ-2(“荷兰结球生菜”)和 GJ-5(“撒哈拉”), 散叶莴苣品种的 GS-1(“方妮”)和 GS-6(“北散生 2 号”)等 4 个品种的植物学性状优良, 田间生长整齐, 栽培适应性强, 净菜率高, 小区丰产, 适宜进一步推广应用。

**关键词:**叶用莴苣; 品种比较; 推广; 应用

**中图分类号:**S 636.2 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2014)05-0030-03

叶用莴苣(*Lactuca sativa* L.)属菊科莴苣属能形成叶球或嫩茎的 1~2 a 生草本植物, 俗称生菜、莴菜及千斤菜等。叶用莴苣营养丰富, 以生食为主, 也可以炒食或做汤; 莴苣属于低糖、低脂肪蔬菜。除含有较丰富的维生素和矿物质外, 还含有乳酸、苹果酸、莴苣素、精油、甘露醇和甲状腺活动激素。常食有利于人体血管扩张、降低胆固醇, 对高血压、心脏病及精神衰弱等疾病也有

辅助疗效<sup>[3]</sup>。

叶用莴苣最初多分布于华南、台湾等地区<sup>[1]</sup>。近年来, 随着城市人口的增加, 人民生活水平的提高以及饮食结构的日趋多元化, 叶用莴苣的消费量也日渐增长。目前国内主栽品种普遍存在着抗热性差, 高温下易腐烂、抽薹等问题, 导致北京地区生产供应断档。该试验以叶用莴苣为试材, 综合比较了各品种的植物学特性、采收期生长状况、田间生长状况和商品特性, 以期筛选出栽培适应性较强、产量高、商品性好, 适宜在北京地区推广的优良叶用莴苣品种。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试 12 份叶用莴苣品种来自于中国农业科学院蔬菜种质资源库和北京市蔬菜中心, 挑选具有代表特性的

**第一作者简介:**张铜庆(1983-), 男, 硕士, 研究方向为蔬菜品种筛选与设施栽培。E-mail: tongqing22@bac.edu.cn.

**责任作者:**范双喜(1964-), 男, 博士, 教授, 现主要从事蔬菜栽培和生理等研究工作。

**基金项目:**北京市农村工作委员会资助项目(20110119); 北京市农业局资助项目(blvt-02)。

**收稿日期:**2013-11-11

**Abstract:** Taking *Brassica campestris* as material, and the samples were stored at ambient and 2°C low temperature for 5 d or 15 d respectively, the leaves of *Brassica campestris* were treated with fractured, punctured and compressed injuries at large numbers, few and non-destructive three different levels in this study, and by wound staining method, electrical conductivity rate method, total plate count determination, sugar content determination and Hunter L value, the effect of three injuries level on electrical conductivity rate, total microbial count, sugar content, and Hunter L value variation were determined. The results showed that wound staining method could find three mechanical injuries fast and directly, even few wound. The method could inspect mechanical damage rate of samples. The electrical conductivity rate of wound leaves increased. The large numbers fractured and compressed wounds could be detected by electrical conductivity method. The rate increased during storage at ambient temperature, and reverse result was found at 2°C. Microbial detection method was feasible to investigate large numbers fractured and compressed wounds for leaves at later storage. The detecting sugar content method was not sufficient for inspecting three types of mechanical injuries. Wound decreased Hunter L value of leaves. The punctured and compressed wound samples could be determined by L values. The L value of wound leaves continued decline, while the control had not changed or increased during storage at ambient temperature or 2°C.

**Key words:** determination; *Brassica campestris*; mechanical damage