

# 运输振动对鲜切生菜品质的影响

董雪临<sup>1,2</sup>, 张超<sup>2</sup>, 马越<sup>2</sup>, 赵晓燕<sup>2</sup>

(1.沈阳农业大学食品学院, 辽宁 沈阳 110866; 2.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 100971)

**摘要:** 研究运输振动强度对鲜切生菜品质的影响。采用箱式冷藏车装载鲜切生菜, 模拟商业化送货, 然后在超市货架4℃贮藏, 测定其在货架期第0、2、4、6天品质变化情况。结果发现, 箱式冷藏车在行驶过程中垂直方向加速度最大, 车厢内不同部位振动强度不同, 其中车厢后上部分振动强度最大。在货架期第4天, 车厢后上部位鲜切生菜粉变率最高, 膜脂损伤严重。运输振动引起鲜切生菜品质下降, 振动强度越高, 鲜切生菜品质越差。因此, 车厢后上部位会引起鲜切生菜品质的明显下降。

**关键词:** 鲜切生菜; 运输振动; 丙二醛; 相对电导率; 粉变率

Effect of Transport Vibration on the Storage Quality of Fresh-Cut Lettuce (*Lactuca sativa* L.var. *ramosa* Hort.)

DONG Xuelin<sup>1,2</sup>, ZHANG Chao<sup>2</sup>, MA Yue<sup>2</sup>, ZHAO Xiaoyan<sup>2</sup>

(1. College of Food Science, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China; 2. 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 100971, China)

**Abstract:** The effect of transport vibration on the storage quality of fresh-cut lettuce (*Lactuca sativa* L.var. *ramosa* Hort.) was evaluated. The fresh-cut lettuce was transported in a refrigerated truck to a supermarket in 5 hours and then stored on shelves at 4℃. The vertical acceleration of the truck reached its maximum value before stopping. The quality changes of fresh-cut lettuce after 0, 2, 4 and 6 days of cold storage were examined. The vibration intensity of the rear-upper part of the cabin was the strongest. After 4 days of storage, the fresh-cut lettuce placed at the rear-upper part showed the highest browning ratio and most significant damage of cell membrane lipids. The quality of fresh-cut lettuce was deteriorated more significantly with increasing vibration intensity during the transportation. Hence, the rear-upper part of the cabin led to the worst quality of fresh-cut lettuce during the transportation.

**Key words:** fresh-cut lettuce; transport vibration; MDA; relative conductivity; browning ratio

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201608046

中图分类号: S377

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2016)08-0255-05

引文格式:

董雪临, 张超, 马越, 等. 运输振动对鲜切生菜品质的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(8): 255-259. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201608046. <http://www.spkx.net.cn>

DONG Xuelin, ZHANG Chao, MA Yue, et al. Effect of transport vibration on the storage quality of fresh-cut lettuce (*Lactuca sativa* L.var. *ramosa* Hort.)[J]. Food Science, 2016, 37(8): 255-259. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-201608046. <http://www.spkx.net.cn>

鲜切蔬菜是以新鲜蔬菜为原料, 经分选、清洗、去杂、切分、修整、包装和运输等过程生产的一种产品形式, 具有自然、新鲜、卫生、方便等特点<sup>[1]</sup>。鲜切生菜富含蛋白质、维生素、矿物质等营养素, 质地脆嫩, 深受人们的喜爱<sup>[2]</sup>。但是, 分选、清洗、去杂、切分、修整、

包装和运输等过程给生菜带来多种非生物类胁迫作用, 导致鲜切蔬菜货架期显著低于完整生菜<sup>[3]</sup>。为了解决该问题, 林永艳<sup>[4]</sup>、郑月<sup>[5]</sup>等研究筛选出适合鲜切生菜的保鲜方式及延长货架的清洗剂; 张学杰等<sup>[6]</sup>研究了高压与温度处理对鲜切生菜其货架期的影响; Zhan Lijun等<sup>[7]</sup>揭示了

收稿日期: 2015-07-28

基金项目: 国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-26; CARS-25); 北京市农林科学院科技创新能力建设专项(KJCX20140204); 果蔬农产品保鲜与加工北京市重点实验室专项(Z141105004414037)

作者简介: 董雪临(1991—), 女, 硕士, 研究方向为食品科学。E-mail: 1175014510@qq.com

光照强度对鲜切生菜褐变抑制效果的影响;王莉<sup>[8]</sup>优选了适宜于鲜切生菜的贮藏温度和包装方式;Hans等<sup>[9]</sup>评价了贮藏温度对鲜切美国花叶生菜从农田到餐桌的整个流通过程品质的影响。但是,关于果蔬运输对其品质的影响研究较少。

运输主要是指从生产企业至销售地点之间的物流过程,也包括装车和商品摆放等环节,是鲜切蔬菜必不可少的环节。在运输过程中,鲜切蔬菜受到静载、振动、挤压和冲击等作用,会形成以塑性或脆性破坏为主的现时损伤和以黏弹性变形为主的延迟损伤<sup>[10]</sup>。目前,运输振动对果品损伤的研究已经有很多,如周然<sup>[10]</sup>研究了运输振动对黄花梨的品质的影响;Berardinelli等<sup>[11]</sup>评估了运输振动和包装材料对梨损伤的影响;陈萃仁等<sup>[12]</sup>利用振动实验台模拟运输环境,评价了机械振动对草莓损伤的影响;孙骊等<sup>[13]</sup>研究了振动加速度、振动时间、承载质量与苹果损伤程度的联系。然而,关于运输振动对鲜切蔬菜品质影响方面的研究鲜有报道。

本实验以鲜切生菜为研究对象,使用箱式冷藏车模拟大都市鲜切蔬菜5 h送货过程。在送货过程中,实时监测箱式冷藏车内4个不同部位(前上、前下、后上和后下)加速度和温度数据。运输结束后,将鲜切蔬菜放置于货架柜中,并分别在货架第0、2、4、6天监测产品品质的变化规律,以期获得运输振动强度对鲜切生菜品质的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 试剂

营养琼脂;100 g/L三氯乙酸溶液:称取10 g三氯乙酸,用蒸馏水溶解、稀释至100 mL;6.7 g/L硫代巴比妥酸溶液:称取0.67 g硫代巴比妥酸,用100 mL 0.05 mol/L NaOH溶液溶解。

### 1.2 仪器与设备

DT-178A加速度记录仪 深圳华盛昌机械实业有限公司;HOBO温湿度数据记录仪 美国Onset公司;UV-1800紫外分光光度计 日本岛津公司;500 Watt手持打浆机 飞利浦公司;恒温恒湿培养箱 德国MMM公司;GI54 DW型高压灭菌锅 美国致微公司;3-18型高速冷冻离心机 德国赛多利斯公司;FE 30电导率仪 瑞士Mettler Toledo公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 运输过程

鲜切生菜为北京裕农优质农产品种植公司提供,规格为1 kg/袋,10袋/箱。使用箱式冷藏车(福田欧马可)在北京裕农优质农产品种植公司装载鲜切生菜,车箱的内径为4.15 m×1.85 m×1.8 m,

温度控制在 $(3 \pm 1)^\circ\text{C}$ ,产品包装箱的尺寸为0.56 m×0.25 m×0.33 m,车厢内共放置140(7×5×4)箱产品,将加速度传感器和温度记录仪放置于产品车厢内前上、前下、后上和后下4个堆叠位置包装箱内,记录运输过程加速度和温度数据。加速度记录仪采集数据为1次/s,温度记录仪为4次/h。冷藏车在市区道路正常行驶5 h后,卸下产品放入 $(4 \pm 1)^\circ\text{C}$ 的超市货架贮藏。5 h的运输路程为:京承高速→北京五环路→普通城市道路。总体看来,高速公路和环路运行占总路长30%,平均时速75 km/h;城市普通道路占70%,平均时速35 km/h。

振动强度的计算:运输结束后导出加速度数据,以数据绝对值计算 $\bar{x} \pm s$ ,表征振动强度。

#### 1.3.2 菌落总数的测定

参照GB 4789.2—2010《食品微生物学检验:菌落总数测定》<sup>[14]</sup>方法。

#### 1.3.3 丙二醛含量的测定

参考曹建康等<sup>[15]</sup>的测定方法,并进行部分改进。准确称取样品60 g,加入60 mL 100 g/L三氯乙酸溶液,用打浆机打30 s成匀浆,4层纱布过滤,将滤液转移到离心管中,于4℃、12 000×g离心20 min,收集上清液,低温保存备用。取3 mL上清液(对照组加入缓冲液代替),加入3 mL 6.7 g/L硫代巴比妥酸溶液,混合后在沸水浴中煮沸20 min,取出冷却至室温。分别测定上清液在450、532、600 nm波长处的吸光度。丙二醛含量计算参见公式(1)。

$$\text{丙二醛含量}/(\mu\text{mol}/100\text{ g}) = \frac{(6.45 \times (A_{532\text{ nm}} - A_{600\text{ nm}}) - 0.56 \times A_{450\text{ nm}}) \times V}{V_s \times m \times 1000} \times 100 \quad (1)$$

式中: $A_{450\text{ nm}}$ 、 $A_{532\text{ nm}}$ 和 $A_{600\text{ nm}}$ 分别为试样在450、532、600 nm波长处的吸光度; $V$ 是提取液总体积/mL; $V_s$ 是测定时所取的样品提取液体积/mL; $m$ 是样品质量/g。

实验主要考察振动强度对鲜切生菜品质的影响,所以未将运输前的样本进行比较。

#### 1.3.4 细胞膜渗透率的测定

用相对电导率值来表示细胞膜渗透率<sup>[16]</sup>,采用电解质渗透法。处理组中随机取生菜叶(尽量取外层统一部位的叶片),切成5 mm×5 mm的小片共20片,加入60 mL蒸馏水,测定溶液电导率记为 $P_0$ ,立即用封口膜封口;在磁力搅拌器上磁力搅拌30 min,测其电导率 $P_1$ ;然后煮沸20 min;待冷却至室温后,补加蒸馏水至原刻度线,室温条件下平衡后测其电导率 $P_2$ 。相对电导率( $P$ )的计算参见公式(2):

$$P/\% = \frac{P_1 - P_0}{P_2 - P_0} \times 100 \quad (2)$$

式中: $P_0$ 是提取液初始电导率/ $(\mu\text{S}/\text{cm})$ ; $P_1$ 是活组织提取液电导率/ $(\mu\text{S}/\text{cm})$ ; $P_2$ 是组织被杀死后的提取液电导率/ $(\mu\text{S}/\text{cm})$ 。

### 1.3.5 样品图像的处理

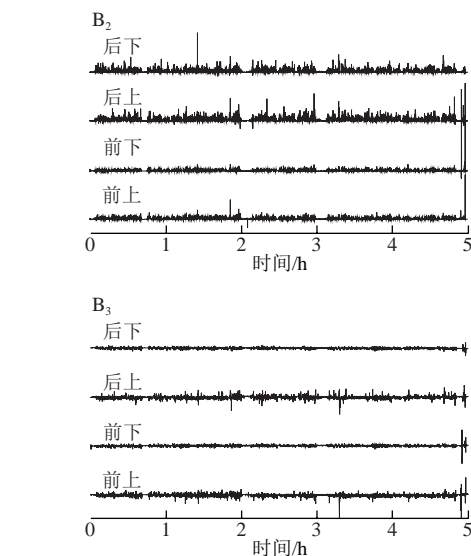
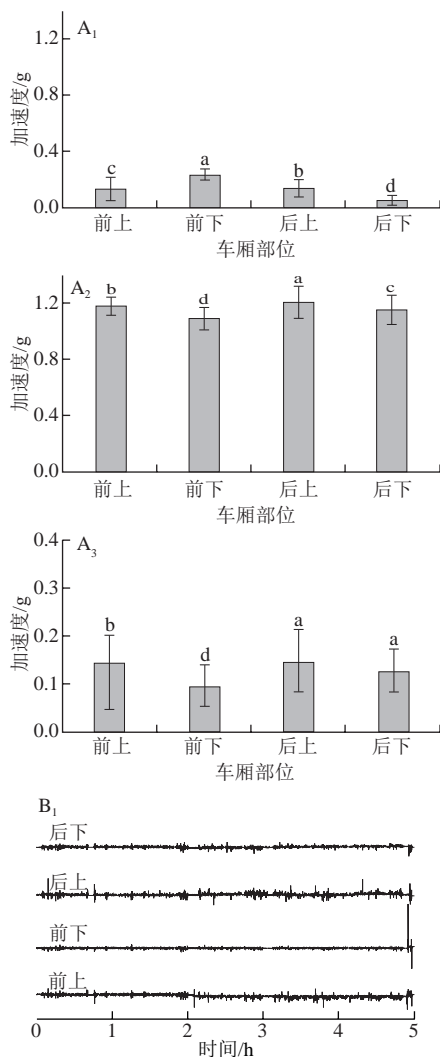
将Canon EOS600D相机调节为手动模式,选择适当的光圈大小、快门速度和ISO感光度数值组合,使用上述组合对货架期期间的样品拍照。使用Image-pro-plus 6.0软件(美国Media Cybernetics公司)处理所拍得生菜茎部照片:对茎部照片随机框选出正方形区域,载入预先定义的粉变颜色,对框选区域内的粉色部位进行颜色标记。那么,样品的粉变率为被标记部位像素数量占框区总像素数量的比例,结果以百分比(%)表示。

### 1.4 统计分析

实验所有数据均有3次重复,数据表示为 $\bar{x} \pm s$ ,使用统计分析软件DPS v7.05进行处理,Duncan's新复极差法进行显著性分析( $P < 0.05$ )。图像绘制采用Origin 8.0软件(美国Origin Lab Corporation公司)。

## 2 结果与分析

### 2.1 运输过程中的振动情况



A.加速度数值; B.运输过程加速度波形图; 小脚标1、2、3分别表示与车辆行驶平行方向的加速度(X); 垂直地面方向的加速度(Y); 与车辆垂直且与地面平行方向的加速度(Z)。柱形上不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。下同。

图1 运输过程中箱式冷藏车各部位振动强度

Fig.1 Vibration intensities of different cabin positions during transportation

运输过程中冷藏车内各部位振动强度见图1。其中图1A显示箱式冷藏车各个位置的振动强度;图1B显示在整个运行过程中各个位置的加速度振动波形图,可以看出5 h处的较大加速度值为搬运过程产生的冲击,这与Kipp<sup>[17]</sup>的研究结果也相符合。由图1A<sub>2</sub>可以看到,纵坐标数值显著高于A<sub>1</sub>和A<sub>3</sub>数值。前人曾研究指出汽车运输过程的三轴向振动中,垂直地面方向的振动强度最大<sup>[18-19]</sup>,与本实验的研究结果一致。因此,研究以垂直地面方向的振动代表整个运输振动情况。在垂直地面方向上,车厢内不同位置的振动强度有显著差异( $P < 0.05$ )。Barchi等<sup>[20]</sup>对装载枇杷果的卡车在高速公路的运输情况进行监测,发现车厢内不同位置的加速度并不相同。图1A<sub>2</sub>显示,4个部位的振动强度由大到小依次为:后上>前上>后下>前下,其数值分别为 $(1.21 \pm 0.111)$ 、 $(1.18 \pm 0.0628)$ 、 $(1.16 \pm 0.0956)$ 、 $(1.09 \pm 0.0836)$  g。

### 2.2 运输过程中的温度情况

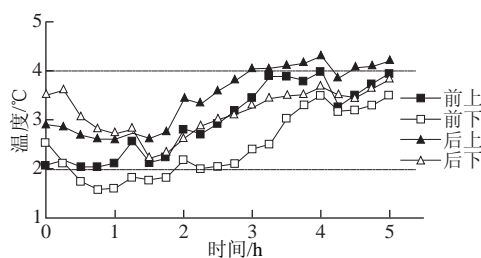


图2 运输过程中车厢内各部位温度情况

Fig.2 Temperatures at different cabin positions during the transportation

图2显示运输过程中,车厢不同部位的温度数据。实验中采用的箱式冷藏车为目前市面上常用的福田欧马可,车厢内温度有一定的浮动为正常现象<sup>[20]</sup>。本实验中冷藏车厢温度基本控制在 $(3 \pm 1)^\circ\text{C}$ 范围内,符合冷链运输的要求。鉴于热流体力学原理,车厢内4个部位的温度并不会完全一致<sup>[21]</sup>。在本次运输过程中,车厢内各点平均温度的高低为:后上>前上>后下>前下,即上方温度略高于下方温度,不作为本研究考虑的因素。

### 2.3 运输振动对鲜切生菜菌落总数的影响

送货过程结束后,将鲜切生菜置于 $(4 \pm 1)^\circ\text{C}$ 的超市货架中贮存。在货架期第4天所有样品的菌落总数均值均低于 $5.0 (\lg (\text{CFU/g}))$ ,并且无显著性差异。因此,运输振动强度对鲜切生菜的菌落总数无显著性影响。实验也发现在货架第6天,鲜切生菜的菌落总数已达到 $5.22 (\lg (\text{CFU/g}))$ ,超过鲜切蔬菜行业规定的安全临界值 $(5.0 (\lg (\text{CFU/g})))$ 。所以,研究主要比较货架期第4天鲜切生菜的品质。

### 2.4 运输振动对鲜切生菜外观的影响

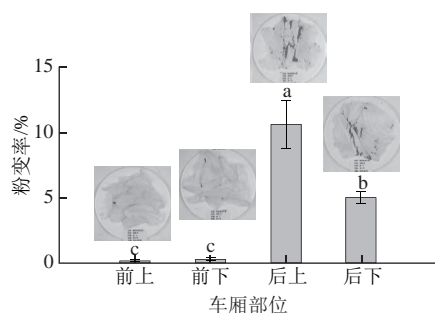


图3 运输振动对鲜切生菜粉变率的影响

Fig.3 Effect of transport vibration on the color change of fresh-cut lettuce

生菜的茎部比叶部更易发生褐变<sup>[22]</sup>,对于经过切割处理的鲜切生菜,这种褐变现象更为明显。该褐变在外观上首先呈现“粉变”,然后颜色逐渐加深至褐色。本研究首次采用将粉变部位进行标记,将粉变部位面积与样品总面积比作为粉变率,计算振动强度对鲜切生菜粉变率的影响。由图3可以看出,车厢内各部位的鲜切生菜均发生粉变现象且彼此之间有显著性差异 $(P < 0.05)$ ,前上、前下、后上和后下4个位置的粉变率值分别为 $(0.17 \pm 0.02)\%$ 、 $(0.28 \pm 0.09)\%$ 、 $(10.6 \pm 1.78)\%$ 和 $(5.01 \pm 0.39)\%$ ,车厢内后上和后下位置的生菜茎粉变率值最高。总体看来,后上>后下>前下>前上,即后上的粉变情况最为严重。该现象的原因在于各个部位受到不同的振动强度,车厢后上部位的振动强度最大,所以对鲜切生菜的组织损伤也较大,使其在货架过程中更易发生粉变。

### 2.5 运输振动对鲜切生菜丙二醛含量的影响

丙二醛含量的数值可以表征果蔬组织细胞损伤的程度<sup>[23]</sup>。原因在于丙二醛是脂质过氧化的主要产物

之一,与细胞膜的损伤程度有着直接的关系,其含量的高低指示脂质氧化的程度,常用来进行逆境胁迫对植物影响的分析,脂过氧化的程度越大,则损伤越高,丙二醛含量越高<sup>[23-24]</sup>。图4显示车厢内各部位鲜切生菜中丙二醛的含量。车厢内前上、前下、后上和后下4个位置丙二醛含量分别为 $(0.0415 \pm 0.00048)$ 、 $(0.0151 \pm 0.00118)$ 、 $(0.0275 \pm 0.00210)$ 、 $(0.0178 \pm 0.00072) \mu\text{mol}/100\text{g}$ 。可以发现:车厢前上和后上位置鲜切生菜的丙二醛含量显著高于其余部位 $(P < 0.05)$ 。结合粉变率和振动水平来看,振动强度最大的后上位置的鲜切生菜品质无论是从理化还是外观上来说都较差。Zeebroeck等<sup>[25]</sup>以苹果为研究对象,模拟运输过程分析对苹果损伤的影响情况,结果发现不同的加速度值对苹果的损伤呈现出差异,加速度大,损伤也随之变大。这与本实验的研究结果类似。然而前上位置较高的丙二醛含量结果也是值得注意的,虽然本实验不考虑温度的差异,但是分析这个结果可能还是与温度的波动有着一定的联系,具体还需要在后续实验中进行更为深入的研究和分析。

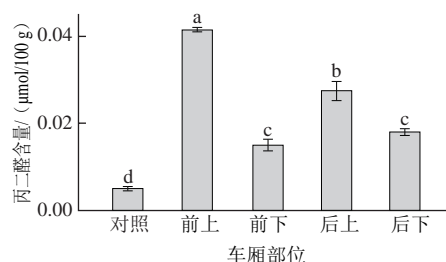


图4 车厢内不同部位鲜切生菜丙二醛含量的比较

Fig.4 Comparison of MDA contents of fresh-cut lettuce placed at different cabin positions

### 2.6 运输振动对鲜切生菜相对电导率的影响

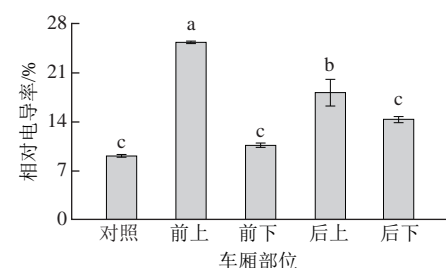


图5 车厢内不同部位鲜切生菜相对电导率的比较

Fig.5 Comparison of relative electrolytic conductivity of fresh-cut lettuce placed at different cabin positions

将相对电导率结合丙二醛含量可以更好地反映细胞膜脂的变化。相对电导率是反映植物膜系统状况的一个重要的生理生化指标,植物在受到逆境或者其他损伤的情况下细胞膜容易破裂,膜蛋白受伤害使胞质的胞液外



渗, 相对电导率增大<sup>[26]</sup>。图5显示, 车厢内前上、前下、后上和后下4个位置相对电导率分别为 $(25.3 \pm 0.17)\%$ 、 $(9.62 \pm 0.29)\%$ 、 $(16.1 \pm 1.89)\%$ 和 $(15.3 \pm 0.39)\%$ 。可以发现, 车厢前上和后上位置鲜切生菜的相对电导率显著高于其余部位( $P < 0.05$ ); 该趋势与丙二醛含量的变化趋势一致。丙二醛含量和相对电导率这两种指标的大小呈现相同的变化规律: 前上>后上>后下>前下。

### 3 结 论

在运输过程中, 车厢不同部位的振动强度不同, 其中后上部位的振动强度最大, 其次为前上和后下, 振动强度最弱的为前下。振动强度对鲜切生菜品质产生一定影响, 其中, 车厢后上部位鲜切生菜粉变率最高, 膜脂损伤均也较为严重; 前上虽然粉变率值并不高, 但是膜脂损伤也很严重。综合来看, 运输振动是引起鲜切生菜品质下降的因素之一, 振动强度越高, 鲜切生菜品质在货架过程中降低越快。

#### 参考文献:

- [1] 赵晓燕. 我国鲜切菜产业中的问题与发展趋势[J]. 中国蔬菜, 2011(17): 1-3.
- [2] 张学杰, 叶志华. 高压对鲜切生菜感官品质的影响[J]. 食品科学, 2013, 34(7): 140-143. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201307029.
- [3] TOIVONEN P M A, BRUMMELL D A. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables[J]. Postharvest Biology and Technology, 2008, 48(1): 1-14. DOI:10.1016/j.postharvbio.2007.09.004.
- [4] 林永艳, 谢晶, 朱军伟, 等. 清洗方式对鲜切生菜保鲜效果的影响[J]. 食品与机械, 2012, 28(1): 211-213. DOI:10.3969/j.issn.1003-5788.2012.01.056.
- [5] 郑月. 不同清洗消毒方法对鲜切生菜贮藏过程中微生物影响[J]. 农产品加工, 2014(11): 4-6. DOI:10.3969/j.issn.1671-9646(X).2014.11.002.
- [6] 张学杰, 叶志华. 不同高压与温度处理对鲜切生菜及其货架期微生物的影响[J]. 中国农业科学, 2012, 45(22): 4660-4667.
- [7] ZHAN Lijuan, LI Yu, HU Jinqiang, et al. Browning inhibition and quality preservation of fresh-cut romaine lettuce exposed to high intensity light[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2012, 14(2): 70-76. DOI:10.1016/j.ifset.2012.02.004.
- [8] 王莉. 贮藏温度与包装方式对切割生菜品质的影响[J]. 食品科学, 2004, 25(1): 177-179. DOI:10.3321/j.issn:1002-6630.2004.01.047.
- [9] HANS R, MARIJKE C, LUC P, et al. Evaluation of the cold chain of fresh-cut endive from farmer to plate[J]. Postharvest Biology and Technology, 2009, 51(2): 257-262. DOI:10.1016/j.postharvbio.2008.07.017.
- [10] 周然. 黄花梨运输振动损伤与冷藏品质变化的实验研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2007: 6.
- [11] BERARDINELLI A, DONATI V, GIUNCHI A, et al. Damage to pears caused by simulated transport[J]. Journal of Food Engineering, 2005, 66: 219-226. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2004.03.009.
- [12] 陈萃仁, 崔绍荣, 方利军, 等. 草莓果实振动损伤的预测模型[J]. 农业工程学报, 1997(3): 213-216.
- [13] 孙骊, 吴竞爽, 仇农学, 等. 苹果振动损伤的规律及其评价[J]. 西北农业大学学报, 1994, 22(1): 78-83. DOI:10.3321/j.issn:1671-9387.1994.01.015.
- [14] 卫生部. GB 4789.2—2010 食品微生物学检验: 菌落总数测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [15] 曹建康, 姜微波, 赵玉梅. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2013: 154-155.
- [16] 刘燕燕. 不结球白菜耐热性鉴定及其生理生化指标的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2005.
- [17] KIPP B. Environmental data recording, analysis and simulation of transport vibrations[J]. Packaging Technology and Science, 2008, 21(8): 437-438. DOI:10.1002/pts.842.
- [18] HINSCH R T, SLAUGHTER D C, CRAIG W L, et al. Vibration of fresh fruits and vegetables during refrigerated truck transport[J]. Transactions of the ASAE, 1993, 36(4): 1039-1042. DOI:10.13031/2013.28431.
- [19] 周然, 苏树强, 李云飞. 果蔬运输振动频谱检测分析及对水果损伤的研究[J]. 包装科学与工程, 2007, 28(10): 76-79. DOI:10.3969/j.issn.1001-3563.2007.10.026.
- [20] BARCHI G L, BERARDINELLI A, GUARNIERI A, et al. Damage to loquats by vibration-simulating intra-state transport[J]. Biosystems Engineering, 2002, 82(3): 305-312.
- [21] 和晓楠. 冷藏运输车流场分析及运输过程对蔬菜品质影响研究[D]. 天津: 天津商业大学, 2010.
- [22] 胡金强, 詹丽娟. 生菜(*Lactuca sativa* L.)多酚氧化酶特性研究[J]. 食品研究与开发, 2014, 35(14): 103-106.
- [23] 杜传来, 许天亮. 不同贮藏条件和包装方式对几种叶菜保鲜效果的影响[J]. 保鲜与加工, 2009(2): 30-34. DOI:10.3969/j.issn.1009-6221.2009.02.009.
- [24] 饶先军, 刘升, 王则金, 等. 结球生菜多酚氧化酶动力学特性研究[J]. 食品工业科技, 2011, 32(9): 80-82.
- [25] ZEEBROECK M V, TIJSKENS E, DINTWA E, et al. The discrete element method (DEM) to simulate fruit impact damage during transport and handling: case study of vibration damage during apple bulk transport[J]. Postharvest Biology and Technology, 2006, 41: 92-100. DOI:10.1016/j.postharvbio.2006.02.006.
- [26] 陈爱葵, 韩瑞宏, 李东洋, 等. 植物叶片相对电导率测定方法比较研究[J]. 广东教育学院学报, 2010, 30(5): 88-91. DOI:10.3969/j.issn.1007-8754.2010.05.016.