冷藏运输中堆放位置对鲜切荷兰芹品质的影响

张超[1]，董雪临[1,2]，马越[1]，赵晓燕[1]

（1.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）（2.沈阳农业大学食品学院，辽宁沈阳 110866）

摘要：研究冷藏运输中堆放位置对鲜切荷兰芹品质的影响。研究将鲜切荷兰芹使用冷藏车进行正常都市配送，配送时间 5 h，然后置于超市货架，在 4 ℃条件下贮藏，评价鲜切荷兰芹在货架期期间的品质，比较冷藏车箱内前上、前下、后上和后下 4 个堆放位置对鲜切荷兰芹品质的影响。结果发现：车厢内 4 个堆放位置振动强度不同，上层振动强度显著高于下层振动强度，后上位置的振动强度最高；在货架期第 6 d，上层鲜切荷兰芹感官品质低于下层产品，上层鲜切荷兰芹的货架期为 6 d，比下层产品的货架期短 2 d；进一步比较不同堆放位置荷兰芹中丙二醛含量和 Vc 含量，发现运输振动强度是引起鲜切荷兰芹品质下降的主要因素，振动强度越高，鲜切荷兰芹品质降低越快。冷藏车车厢的后上堆放部位会引起鲜切荷兰芹品质下降，货架期缩短，不适宜堆放鲜切荷兰芹。

关键词：鲜切荷兰芹；堆放位置；振动强度；感官品质；丙二醛；维生素 C

文章篇号：1673-9078(2017)4-176-180 DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2017.4.027

Effect of Position in the Vehicle on the Qualities of Fresh-cut Parsley during Refrigerated Transportation

ZHANG Chao[1], DONG Xue-lin[1,2], MA Yue[1], ZHAO Xiao-yan[1]

(1.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) (2.College of Food Science, Shenyang Agricultural Univrtsity, Shenyang 110866, China)

Abstract: Variations in the quality of fresh-cut parsley stored in different positions in the vehicle during refrigerated transportation were evaluated. The fresh-cut parsley was transported in a refrigerated vehicle for normal distribution in the urban area; the transportation duration was five hours, and the parsley was then stored on the supermarket shelves at 4 ℃. The quality of the parsley during the shelf life period was evaluated, and the effects of front upper, front lower, rear upper, and rear lower positions in the refrigerated truck on quality were compared. The results showed that the vibration intensity varied among the four positions, the upper position in the truck had a significantly higher vibration than the lower position, and the highest vibration intensity was found in the rear-upper position. On day six of storage, the sensory properties of the parsley in the upper positions were lower than those in the lower positions. The shelf life of parsley in the upper position was six days, while that in the lower position was eight days. The contents of malondialdehyde (MDA) and vitamin C (Vc) of fresh-cut parsley samples in different positions were compared. The results showed that vibration intensity was the main reason for the decrease in the quality of the fresh-cut parsley, and higher vibration intensity led to a faster reduction of the quality. The rear-upper position in the truck lowered the qualities and reduced the shelf life of the fresh-cut parsley, and was not suitable for its transportation.

Key words: fresh-cut parsley; position in the refrigerated transport vehicle; vibration intensity; sensory quality; malondialdehyde; vitamin C

收稿日期：2016-01-29

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

作者简介：张超（1978-），男，博士，副研究员，研究方向：水果深加工

通讯作者：赵晓燕（1969-），女，博士，研究员，研究方向：蔬菜深加

荷兰芹又名洋芫荽和香芹，伞形科欧芹属，色泽浓绿、风味强烈、营养丰富，富含硒和铁等微量元素[1]。荷兰芹是西餐中常见的一种香料，有提神、开胃和增强人体免疫力等作用，深受消费者喜爱。鲜切荷兰芹是将新鲜荷兰芹经挑选、清洗、切分、修整和包装工序等加工过程而制成的一种安全、方便和快捷的产品，主要用于团膳配餐、西餐店以及白领阶层消费。

在鲜切蔬菜产销过程中，从企业生产地点至销售地点之间的运输过程是必不可少的环节。研究发现在运输过程中，鲜切蔬菜会受到静载、振动、挤压和冲击等作用，形成以塑性或脆性破坏为主的现时损伤和以粘弹性变形为主的延迟损伤[2]。鲜切荷兰芹以叶子为主，叶子在发生折叠、压缩和摩擦等机械性损伤后，会出现褐变和黄化等现象，降低其商品性。文献已经报道运输中的振动强度对黄花梨[3,4]、草莓[5]和苹果[6]等品质的影响，而关于运输振动强度对鲜切荷兰芹的影响还鲜有报道。研究显示冷藏车不同部位的振动的强度是不同的[2]。那么，堆放部位对鲜切荷兰芹品质影响也是一个值得探讨的问题。

本文考察冷藏车中的堆放位置对鲜切荷兰芹品质的影响。研究以商品化的鲜切荷兰芹为对象，使用配送企业的冷藏车为运输工具，模拟大都市鲜切蔬菜 5 h 运输过程。在运输过程中，实时监测冷藏车内前上部、前下部、后上部和后下部的加速度和温湿度数据，评价货架期内样品品质变化规律，以期揭示堆放位置对鲜切荷兰芹品质的影响。

1 材料与方法

1.1 试剂

NaCl；营养琼脂；100 g/L 三氯乙酸溶液：称 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；草酸-EDTA 溶液(草酸 0.05 mol/L、0.2 mol/L EDTA)；0.375 g/mL 偏磷酸-乙酸缓冲溶液：称 15 g 偏磷酸并移取 40 mL 乙酸，充分溶解定容至 500 mL；5%硫酸；50 g/L 钼酸铵溶液。

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（Onset，美国）；UV-1800 紫外分光光度计（岛津，日本）；500Watt 手持打浆机（飞利浦，香港）；恒温恒湿培养箱（MMM，德国）；GI54DW 型高压灭菌锅（致微公司，美国）；3-18 型高速冷冻离心机（赛多利斯公司，德国）；FE30 电导率仪（METTLER TOLEDO，瑞士）。

1.3 运输过程

鲜切荷兰芹由北京裕农优质农产品种植公司提供，使用加厚聚乙烯袋包装，规格为 300 g/袋，24 袋/箱。使用专业物流公司的冷藏车（福田欧马可）进行配送，车箱的内径为 4.15 m×1.85 m×1.8 m，温度控制在(4±2) ℃，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。冷藏车在北京裕农优质农产品种植公司装载鲜切荷兰芹，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 个包装箱内记录运输过程中的加速度和温湿度变化情况。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(5±1) ℃的超市货架。

加速度的计算：将运输过程中的加速度按照 X、Y 和 Z 轴分别统计，将同一轴向的数据取绝对值后，计算平均值和标准偏差。

1.4 菌落总数的测定

将运输后的鲜切荷兰芹放置于 4 ℃的冷柜中贮藏 8 d，在货架第 2、4、6、8 d，使用 70%浓度的酒精对聚乙烯袋表面进行喷洒消毒，消毒后置于超净工作台上通风 30 min，然后使用消毒后的剪刀打开聚乙烯包装袋，取 25 g 产品在 225 mL 无菌水中震荡 5 min，然后参照 GB 47892-2010 方法，测定样品中菌落总数。

1.5 感官评价方法

由 9 人组成感官评价小组，在货架第 2 d、4 d、6 d、8 d 对鲜切荷兰芹的形态、色泽、风味和质地四个方面进行评价。采用 5 分制评分，评分标准见表 1。给予形态、色泽、风味和质地分比 0.3、0.2、0.3 和 0.2 的权重，加权计算样品的综合感官得分，满分为 5 分，分数越高，产品的品质越好，当分值低于 3 分时，产品不再具有商品性。

1.6 丙二醛含量的测定

准确称取样品 50 g，加入 100 mL、100 g/L 三氯乙酸溶液，用打浆机打 30 s 成匀浆，四层纱布过滤，将滤液转移到离心管中，于 4 ℃、12000 r/min 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），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。分别在 450 nm、532 nm 和 600 nm 测定吸光值。丙二醛的含量计算参见公式（1）。

$$C(\times 10^{-2}\mu mol/g)=\frac{[6.45\times(OD_{532}-OD_{600})-0.56\times OD_{450}]\times V}{Vs\times m\times 1000}\times 100 \quad (1)$$

其中，OD_{450}、OD_{532}和OD_{600}分别为试样在 450 nm、532 nm 和 600 nm 波长下的吸光值；V是提取液总体积，单位为 mL；Vs是测定时所取的样品提取液体积，单位为 mL；m是样品质量，单位为 g。

表 1 感官评价评分标准

Table 1 Sensory evaluation criteria

项目	5 分	4 分	3 分
形态	无萎蔫，朵态完好	轻微萎蔫	萎蔫（萎蔫面积<30%）
色泽	有光泽，深绿色	轻微褐变，颜色深绿	有褐变，
风味	独特香气，无异味	香气稍淡，无异味	有异味
质地	坚挺，有脆性	坚挺，脆性较差	变软

项目	2 分	1 分
形态	萎蔫较为严重（30≤萎蔫面积<50）	不成朵态
色泽	褐变较为严重	毫无色泽，褐变严重
风味	独特香气基本消失	无香气，有异味
质地	较软	软烂严重

1.7 维生素 C 含量测定

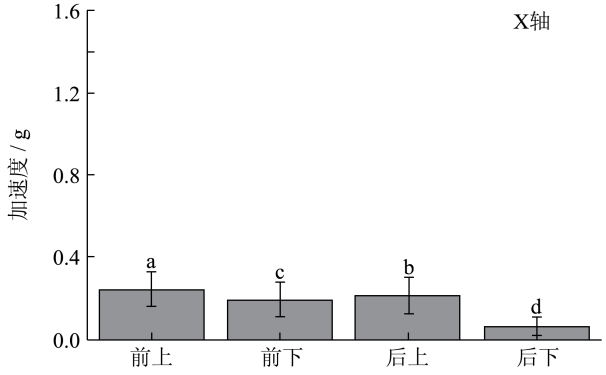
分别取各处理组的样品 25 g，加入 50 mL 草酸-EDTA 溶液，打浆过滤，离心取上清液 1 mL，依次加入 0.5 mL 的偏氯乙酸、1 mL、0.5%的硫酸，充分摇匀后，加入 2 mL 钼酸铵溶液并再次摇匀；蒸馏水定容至 25 mL，静止 15 min 后，于 705 nm 处测定吸光值[7]。

1.8 数据统计与分析

实验所有数据均有三次重复，计算平均值和标准偏差，使用统计分析软件 DPS v7.05 进行处理，Ducan's 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 冷藏车堆放位置对振动强度的影响



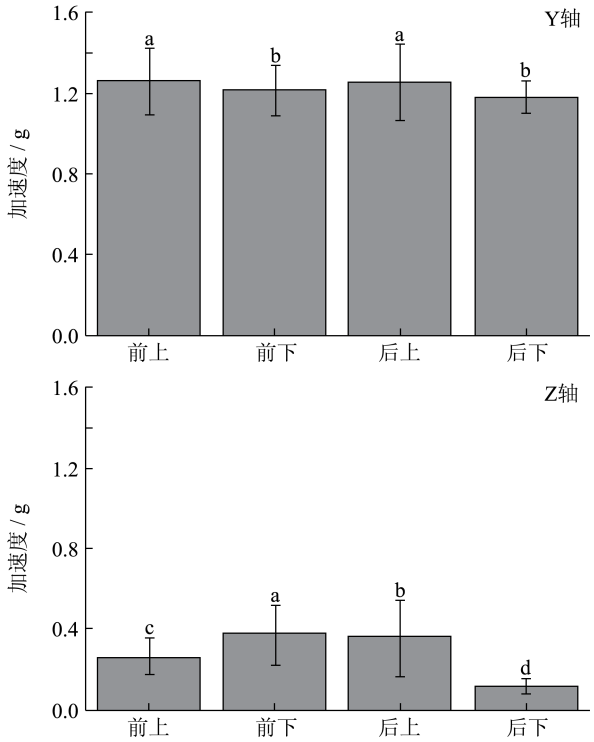


图 1 运输过程中冷藏车内各位置振动情况

Fig.1 Vibration at different positions in the vehicle during transportation

注：X 轴表示的是与车辆行驶平行方向的加速度；Y 轴表示的是垂直地面方向的加速度；Z 轴表示的是与车辆垂直且与地面平行方向的加速度。数据为平均值±标准偏差（n≥3），具有不同字母上标的数据之间具有显著性差异（p<0.05）。

图 1 显示冷藏车内各堆放位置振动强度。Y 轴方向加速度值显著高于 X 轴和 Z 轴数值，与前人的研究结果一致，垂直地面方向的运动加速度最大，振幅最

强[8,9]。鉴于此，Y 轴方向（垂直地面方向）的振动是冷藏车振动的主要影响因素，后续以 Y 轴方向的振动强度表征冷藏车的振动情况。在 Y 轴方向上，前上和后上的数值显著高于前下和后下的数值（p<0.05），冷藏车上部的振动强度显著高于底部，原因在于冷藏车内下层产品受到上部堆积产品的压力，振动区域受限，而上层产品距离车厢顶部还有一定距离，可以震荡的区域增加，因此，从下部传递上来的振幅增加，产品加速度值提高；而前上与后上的数值没有显著性差别，前下和后下的数据没有显著性差别，因而，冷藏车前部和后部的振动强度统计学无显著性差异。而前人的结果显示冷藏车后部的振动强度高于前部振动强度[8,9]，原因可能在本研究的冷藏车主要行驶于城市道路，路面比较平坦，冷藏车前轮与后轮仅出现类似的上下振动，并未出现以前轮为支点，后轮发生显著振动的情况，整体的振动不明显。

2.2 冷藏车堆放位置对温湿度的影响

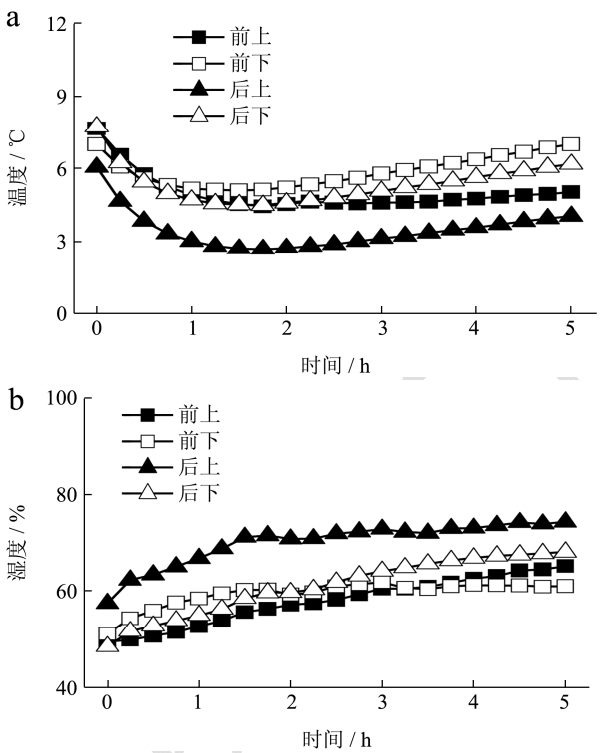


图 2 运输过程中车厢内各位置温度（a）和湿度（b）

Fig.2 Temperature (a) and relative humidity (b) of the different positions during transportation

图 2 显示运输过程中，冷藏车堆放位置对温湿度的影响。研究采用的冷藏车为物流公司常用的福田欧马可，由于热流体学原理，冷藏箱内温度有一定的浮动[10]。研究过程中，冷藏车厢温度控制在(4±2) ℃范围内，车厢内各点温度的高低为：前下>后下>前上>后上，即下部温度略高于上部温度，主要原因可能在于冷藏车的制冷机出风口位于车厢上部，冷空气从车厢上部开始流通；车厢中各位置湿度的大小为：后上>后下>前上>前下，即后部的湿度略高于前部，原因从制冷机出来的空气湿度较低，而制冷出口位于车厢前部，所以，前部的湿度略低于后部。

2.3 冷藏车堆放位置对感官品质的影响

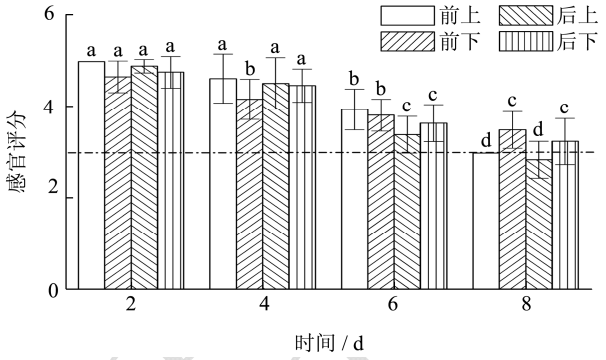


图 3 堆放位置对鲜切荷兰芹感官品质的影响

Fig.3 Effect of position in the vehicle on sensory qualities of the fresh-cut parsley

注：数据为平均值±标准偏差（n≥3），具有不同字母上标的数据之间具有显著性差异（p<0.05）。

图 3 显示运输堆放位置对鲜切荷兰芹感官品质的影响。感官评价是评价员对产品的直观感受，可以判定产品的价值和可接受性等[8]。随着货架时间延长，各堆放位置鲜切荷兰芹的感官分值逐渐下降，在货架第 8 d，后上和前上位置样品分值低于 3 分，不再具有商品性，后文主要讨论堆放位置对货架期第 6 d 产品品质的影响。在货架第 6 d，4 个堆放位置综合感官评分结果为：前上>前下>后下>后上，后上位置样品的感官品质最差，这与后上位置的振动强度较大有一定的关系：振动导致样品组织受到损伤继而影响产品的感官品质。因此，上部鲜切荷兰芹的货架期为 6 d，而下部鲜切荷兰芹的货架期可以达到 8 d，冷藏车的后上部位最不适合于堆放鲜切荷兰芹。

2.4 冷藏车堆放位置对菌落总数的影响

冷藏车运输结束后，将样品均置于(5±1) ℃的货架贮存，图 4 显示第 6 d 鲜切荷兰芹的菌落总数。各堆放位置荷兰芹的菌落总数值均低于 5.0 logCFU/g，其中后下位置的菌落总数最低。原因在于后下的振动加速度值最低，荷兰芹细胞组织破裂和受损伤程度最小，胞内营养物质泄漏少，因而，微生物生长可以利用的物质较少，微生物增殖速度较低，菌落总数较低。值得注意的是，微生物的生长必定需要消耗碳源和氮源等，引起鲜切蔬菜品质下降，因此，菌落总数的数

量一般与产品的品质呈负相关关系，后下位置的菌落总数最低，与其感官评价得分较高具有一定相关性。

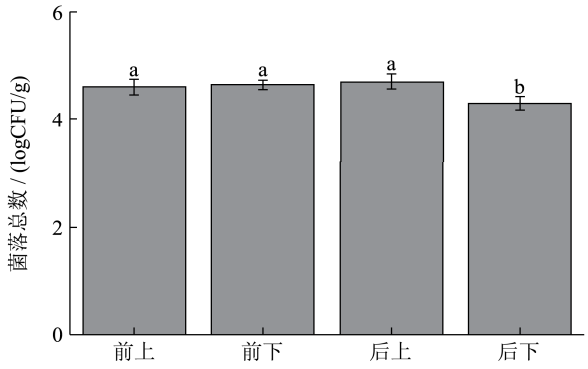


图 4 冷藏车堆放位置对货架期中鲜切荷兰芹菌落总数的影响

Fig.4 Effect of position in the vehicle on the total colony counts of the fresh-cut parsley

注：数据为平均值±标准偏差（n≥3），具有不同字母上标的数据之间具有显著性差异（p<0.05）。

2.5 冷藏车堆放位置对鲜切荷兰芹丙二醛含量的影响

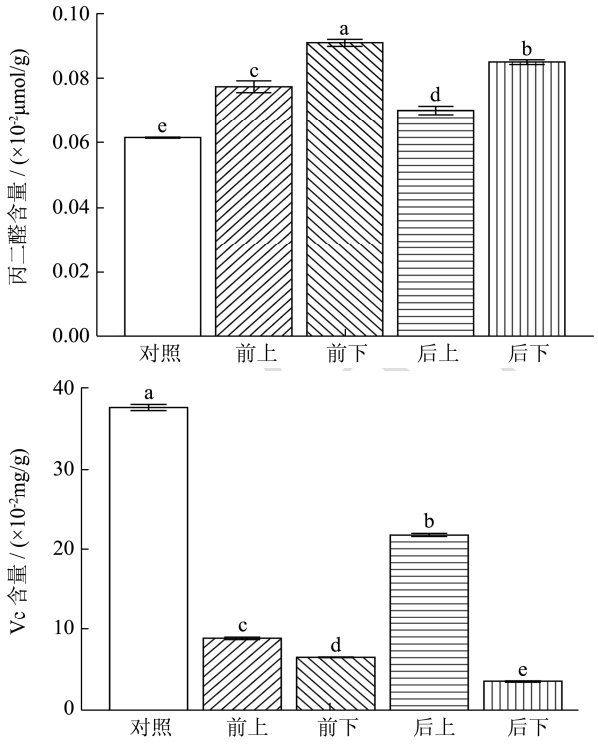


图 5 堆放位置对鲜切荷兰芹丙二醛含量和 Vc 含量的影响

Fig.5 Effect of position in the vehicle on MDA content and Vc content of the fresh-cut parsley

注：数据为平均值±标准偏差（n≥3），具有不同字母上标的数据之间具有显著性差异（p<0.05）。

图 5 显示在货架期第 6 d，堆放位置对鲜切荷兰芹丙二醛含量和 Vc 含量的影响。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，可以表征果蔬组织细胞损伤的程度[15]。丙二醛含量越高，细胞内部脂过氧化的程度越大，则损伤越高[11,12]。后部的鲜切荷兰芹在丙二醛含量高于前部的荷兰芹；下层样品丙二醛含量高于上层的荷兰芹，各位置丙二醛含量依次为：前下>后下>前上>后上，与车厢内的温度相对应。

各堆放位置产品中维生素 C 含量均显著低于对照组，维生素 C 既是营养物质也是一种非酶类抗氧化剂，在贮藏过程中降低表明营养物质在分解同时也可能是一部分抗坏血酸用来抗氧化[13]。下部样品维生素 C 含量低于上部样品，原因在于上部振动强度较高，荷兰芹分子内部产生某种应激反应，与本文结论相似，Eraslan 等[14]也发现植物受到胁迫后发生氧化应激，从而引起抗坏血酸的积累。

3 结论

在运输过程中，车厢内上层振动强度高于下层，其中后上位置的振动强度最大；在货架期第 6 d，上层鲜切荷兰芹感官品质低于下层产品，上层鲜切荷兰芹的货架期为 6 d，比下层产品的货架期短 2 d；进一步比较不同堆放位置荷兰芹中丙二醛含量和 Vc 含量，发现运输振动强度是引起鲜切荷兰芹品质下降的主要因素，振动强度越高，荷兰芹品质降低越快。冷藏车车厢的后上堆放部位会引起鲜切荷兰芹品质下降，货架期缩短，不适宜堆放鲜切荷兰芹。

参考文献

[1] Rosa C, Sapata M. Chemical and sensory characteristics and microbiological safety of fresh finely chopped parsley packed in modified atmosphere [J]. Food Control, 2007, 18: 1008-1012

[2] Zhou R, Su S, Li Y. Effects of cushioning materials on the firmness of Huanghua pears (*Pyrus pyrifolia Nakai* cv. Huanghua) during distribution and storage [J]. Packaging Technology & Science, 2008, 21(1): 1-11

[3] Zhou R, Su S, Yan L, et al. Effect of transport vibration levels on mechanical damage and physiological responses of Huanghua pears (*Pyrus pyrifolia Nakai*, cv. Huanghua) [J]. Postharvest Biology & Technology, 2007, 46(1): 20-28

[4] Scalia G L, Aiello G, Miceli A, et al. Effect of vibration on the quality of strawberry fruits caused by simulated transport [J]. Journal of Food Process Engineering, 2015

[5] Jung H M, Park J G. Effects of vibration stress on the quality of packaged apples during simulated transport [J]. Journal of

Biosystems Engineering, 2012, 37(1): 44-50

[6] Cruz-Rus E, Amaya I, Valpuesta V. The challenge of increasing vitamin C content in plant foods [J]. Biotechnology Journal, 2012, 7(9): 1110-1121

[7] 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

[8] Zhou R, Yan L, Li B, et al. Measurement of truck transport vibration levels in China as a function of road conditions, truck speed and load level [J]. Packaging Technology and Science, 2015, 28(11): 949-957

[9] Kipp B. Environmental data recording, analysis and simulation of transport vibrations [J]. Packaging Technology and Science, 2008, 21(8): 437-438

[10] Złotek U, Gawlik-Dziki U. Selected biochemical properties of polyphenol oxidase in butter lettuce leaves (*Lactuca sativa* L. var. capitata) elicited with dl-*β*-amino-n-butyric acid [J]. Food Chemistry, 2015, 168: 423-429

[11] Zhang Q L, Chen Y, Song B Z, et al. Influence of a pre-harvest reflective orchard mulching film on lipid peroxidation and anti-oxidant activity in apple fruit during post-harvest storage [J]. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 2014, 89(5): 577-584

[12] Nie Y, Ren D, Lu X, et al. Differential protective effects of polyphenol extracts from apple peels and fleshes against acute CCl_4-induced liver damage in mice [J]. Food & Function, 2015, 6(2): 513-524

[13] Gallie D R. Increasing vitamin C content in plant foods to improve their nutritional value-successes and challenges [J]. Nutrients, 2013, 5(9): 3424-3446

[14] Figen E. Changes in antioxidative system and membrane damage of lettuce in response to salinity and boron toxicity [J]. Scientia Horticulturae, 2007, 114(1): 5-10

现代食品科技