

文章编号:0253 – 4339(2015) 05 – 0037 – 06
doi:10. 3969/j. issn. 0253 – 4339. 2015. 05. 037

不同贮藏温度对草莓呼吸强度及品质的影响

严 灿^{1,2} 刘 升^{1,2} 贾丽娥² 阚朝勃² 段小明² 王 达²

(1 上海海洋大学食品学院 上海 201306; 2 北京市农林科学院蔬菜研究中心 国家蔬菜工程技术研究中心
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 本文研究了不同贮藏温度(0 ℃、5 ℃、10 ℃、15 ℃、20 ℃、25 ℃、30 ℃)对草莓呼吸强度、感官评价、失重率、硬度、相对电导率、糖酸比、维生素 C 和色差的影响。研究表明:贮藏温度越高,草莓呼吸越旺盛,货架寿命越短,草莓 30 ℃ 条件下的呼吸强度是 0 ℃ 条件下的 13.97 倍;草莓在 0 ℃、5 ℃、10 ℃、15 ℃、20 ℃、25 ℃、30 ℃ 条件下贮藏的商品寿命分别为 9 d、7 d、6 d、5 d、3 d、2 d、8 h。随着贮藏温度的升高,草莓的失重率、相对电导率和呼吸强度迅速升高,而草莓的感官评价、硬度、糖酸比、维生素 C 含量、L*、hue 值逐渐降低;贮藏在 0 ℃ 的草莓品质保持最好,贮藏 9 d 后的感官评价、失重率、硬度、相对电导率、糖酸比、Vc 含量、L* 和 hue 值分别为 5.4、3.18%、11.13 N、39.05%、12.48、22.01 mg/100 g、37.84、32.81。

关键词 果蔬贮藏与加工;草莓;贮藏温度;呼吸强度;品质

中图分类号:TS255.3

文献标识码:A

Effect of Different Storage Temperature on Respiration Rate and Quality of Strawberry

Yan Can^{1,2} Liu Sheng^{1,2} Jia Li'e² Kan Zhaobo² Duan Xiaoming² Wang Da²

(1. College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai, 201306, China; 2. Beijing Vegetable Research Center Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, National Engineering Research Center for Vegetables, 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, China)

Abstract The effects of different storage temperature (0, 5, 10, 15, 20, 25 and 30 ℃) on respiration rate and storage quality of strawberry in terms of quality attributes such as sensory evaluation, weight loss, firmness, relative conductivity, sugar-acid ratio, Vitamin C content and color difference were studied. The results showed that the higher the storage temperature was, the higher the respiration rate and the shorter the shelf life of strawberry. Respiration rate of strawberry stored at 30 ℃ was about 13.97 times as high as that of strawberry stored at 0 ℃. The shelf life of strawberry were 9 d, 7 d, 5 d, 4 d, 3 d, 2 d and 8 h at 0, 5, 10, 15, 20, 25 and 30 ℃, respectively. With the storage temperature increasing, the sensory evaluation, firmness, sugar-acid ratio, Vitamin C content, L* and hue value of strawberry decreased gradually, while the weight loss, relative conductivity and respiration rate of strawberry increased. Compared with the quality of strawberry stored at other temperatures, the quality of strawberry stored at 0 ℃ was the best. After 9 days storage, its sensory evaluation, weight loss, firmness, relative conductivity, sugar-acid ratio, Vitamin C content, L* and hue value were 5.4, 3.18%, 11.13 N, 39.05%, 12.48, 22.01 mg/100 g, 37.84, 32.81, respectively.

Keywords storage and processing of fruits and vegetables; strawberry; storage temperature; respiration rate; quality

草莓为浆果类果实,果色鲜红,柔软多汁,酸甜可口,所含的热量较低,富含碳水化合物、膳食纤维、维生素和微量元素等人体必需的营养物质,同时具有清

暑解热、生津止渴、利尿止泻等功效,有很高的营养价值和食疗作用,深受人们喜爱^[1-2]。

草莓含水量高(90%~95%),组织娇嫩,果皮较

基金项目:“十二五”国家科技支撑计划重点项目(2013BAD19B01 & 2015BAD19B02)。(The project was supported by the National Key Technology R&D Program in the 12th Five Year Plan of China (No. 2013BAD19B01 & No. 2015BAD19B02).)

收稿日期:2015 年 2 月 8 日

薄,采后呼吸旺盛,易受机械损伤和微生物侵染而腐败变质,常温下仅能放置 1~2 d^[3]。温度是影响草莓采后寿命最重要的因素,温度越高,呼吸作用加剧,货架期越短^[4]。因此,采后处理是草莓生产不可或缺的技术环节。目前,国内外学者主要集中于草莓 20℃ 以下贮藏的研究,缺乏不同贮藏温度对草莓品质及呼吸强度影响的研究^[5-6]。而草莓上市的季节主要集中于夏季,采收和集货温度往往高于 20℃;同时我国产地预冷设施缺乏,冷链物流体系不完善,草莓通常采用常温流通,极大的损害草莓的品质。因此,本文研究了不同贮藏温度(0℃、5℃、10℃、15℃、20℃、25℃、30℃)下草莓的商品寿命及其对草莓品质的影响,为草莓的贮藏保鲜及流通提供理论依据,推动我国草莓冷链物流的发展。

1 材料与方法

1.1 实验材料

草莓品种“红颜 99”,2015 年 1 月 15 日采收于北京市房山区,采收后立即运输到北京市农林科学院蔬菜研究中心。

1.2 仪器与设备

KOITO-PCLH 冷库(日本小糸公司);Thermo D-37520 高速冷冻离心机(塞维斯基科技(北京)有限公司);岛津 UV-1800 紫外可见分光光度计(岛津国际贸易有限公司);HW-SY11-K 恒温水浴锅(北京市长风仪器仪表公司);UWA-K-015 型电子秤(北京华瑞

京科商贸中心);GXH-3051 红外线分析器(北京均方理化科技研究所);PR-100 折射仪(日本 ATAGO 公司);GY-4 数显硬度计(浙江托普仪器有限公司);DDSJ-308A 电导率仪(上海雷磁仪器厂);CR400 色差仪(日本 Konica Minolta 公司)。

1.3 实验方法

挑选九成熟,大小均一,无病虫害及机械伤的草莓,采用塑料盒(170 mm×150 mm×79 mm)包装,每盒装 12 个草莓。分装后分别放入不同温度的冷库内。每个处理三个重复。

1.4 测试指标方法

1)失重率(%)=(初始质量-调查时质量)/初始质量×100%;2)硬度:GY-4 数显硬度计进行测定;3)Vc 含量:钼蓝比色法^[7];4)糖酸比=可溶性固形物/可滴定酸,可溶性固形物采用数显折射仪测定,可滴定酸采用酸碱滴定法进行测定;5)相对电导率:采用电导率仪进行测定^[8];6)呼吸强度:采用红外 CO₂ 呼吸测定仪测定;7)色差:根据 Holcrof D M 等^[9]采用的方法进行测定;8)感官评价:感官评价标准参考 Cantwell M I^[10]的评价方法,并结合具体情况而定。感官评分为 1~9 分,9 分为刚采收时的新鲜果实,7 分为好,5 分为草莓商品性界限,3 分为不能销售但可食用,1 分为不能食用,其中 6 分为草莓的销售界限。感官评分考虑色泽、光泽度、水渍斑和干缩程度,感官评分由专业 3 人打分,取其平均值。

表 1 草莓的感官评价标准
Tab. 1 Standard of strawberry sensory evaluation

级别	评分标准				
	色泽	光泽度	水渍斑	干缩程度	花萼萎缩程度
9	红色	光亮	无	饱满	绿色,无萎缩
7	少部分变为深红色	略微暗淡	无	轻微萎缩	绿色,轻微萎缩
5	紫红色	暗淡	1~3 个水渍斑	萎缩较严重	绿色,萎缩较严重
3	部分变为褐色	非常暗淡	大于草莓表面积的 1/4	萎缩严重	绿色,萎缩严重
1	褐色	非常暗淡	大于草莓表面积的 1/2	完全萎缩	绿色,完全萎缩

2 结果与分析

2.1 贮藏温度对草莓呼吸强度的影响

呼吸强度是反映果蔬贮藏性能的一个重要指标^[11]。温度是影响呼吸强度的一个重要因素,温度越高,呼吸强度越大。如图 1 所示,在 0℃、5℃、10℃、15℃、20℃、25℃、30℃ 贮藏条件下,草莓的呼

吸强度分别为 23.71 mgCO₂/(kg·h),38.17 mgCO₂/(kg·h),72.57 mgCO₂/(kg·h),133.41 mgCO₂/(kg·h),168.4 mgCO₂/(kg·h),250.25 mgCO₂/(kg·h),331.12 mgCO₂/(kg·h)。方差分析表明,温度对草莓呼吸强度影响极显著(*p*<0.01)。30℃ 条件下草莓的呼吸强度为 0℃ 条件下草莓呼吸强度的 13.97 倍。呼吸作用所产生的呼吸热使草莓品温上升,加速品质

劣化,同时产生水,导致质量损失率增加,货架期缩短。因此,低温有效抑制了草莓呼吸强度的上升,延长草莓的贮藏期。

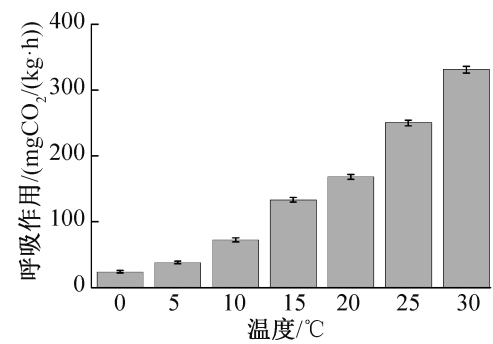


图 1 贮藏温度对草莓呼吸强度的影响

Fig.1 Effect of different storage temperature on respiration rate intensity of strawberry

2.2 贮藏温度和时间对草莓感官评价的影响

如图 2 所示,随着贮藏温度的升高,草莓的感官评价逐渐降低。30℃条件下,贮藏 8 h 后,草莓即出现明显的水渍斑,感官评分降至 5.60,货架期仅为 8 h;25℃、20℃下,草莓在贮藏 2 d、3 d 后,果实颜色暗淡,出现凹陷,感官评价分别降至 4.03、5.65;15℃、10℃下,贮藏 5 d、6 d 后,草莓表面出现明显的水渍斑,花萼萎焉,感官评价分别降至 5.20、4.76;5℃下,草莓贮藏 7 d 后,果实表面出现水渍斑,颜色暗淡,感官评价降至 5.80,失去商品性;0℃条件下,草莓贮藏 9 d 后,出现明显的水渍斑,感官评价降至 5.60。温度是影响草莓采后商品寿命和质量最重要的因素,因此,草莓采后 1 h 需预冷到接近适宜的贮藏温度,才能更好的保证产品的商品品质。

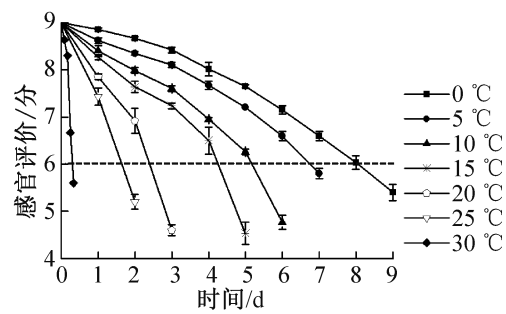


图 2 贮藏温度和时间对草莓感官评价的影响

Fig.2 Effect of different storage temperature and time on sensory evaluation of strawberry

2.3 贮藏温度和时间对草莓失重率的影响

失重率是衡量草莓果实新鲜度的主要指标之一。如图 3 所示,随着贮藏温度的上升和贮藏时间的增加,草莓的失重率逐渐升高。0℃、5℃、10℃、15℃、20℃、25℃、30℃贮藏条件下,草莓销售界限(9 d、7 d、6 d、5 d、3 d、2 d、8 h)对应的失重率分别为 3.18%、5.81%、7.65%、7.79%、13.34%、2.40%。

贮藏中的质量损失主要是由于采后新陈代谢和蒸腾作用引起的营养物质和水分损失,高温会加速草莓的新陈代谢和蒸腾作用,加剧草莓营养物质及水分的损失^[6]。低温可以有效延缓草莓的代谢及蒸腾作用,延长货架期。

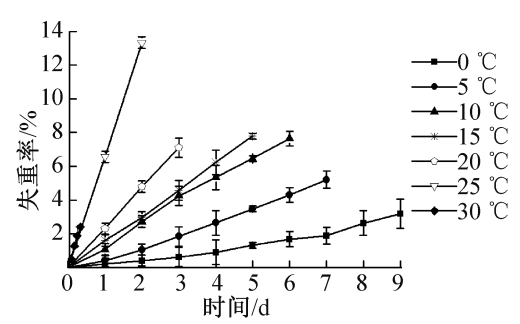


图 3 贮藏温度和时间对草莓失重率的影响

Fig.3 Effect of different storage temperature and time on weight loss of strawberry

2.4 贮藏温度和时间对草莓硬度的影响

硬度是衡量果实成熟度和贮藏品质的重要指标之一,其在贮藏期间下降的主要原因是草莓采后果实表皮组织和细胞壁退化及贮藏期间淀粉和细胞壁物质的降解^[12]。如图 4 所示,随着贮藏温度的上升和贮藏时间的增加,草莓果实的硬度逐渐下降。温度越高,果实的硬度下降越快。在 0℃、5℃、10℃、15℃、20℃、25℃、30℃贮藏条件下,草莓销售界限(9 d、7 d、6 d、5 d、3 d、2 d、8 h)对应的硬度分别为 11.13 N、12.53 N、10.67 N、10.73 N、10.87 N、12.00 N。草莓在 30℃条件下,贮藏 8 h 后硬度下降了 20%,而 0℃条件下贮藏 1 d 后草莓硬度仅仅下降 1.3%。低温能有效抑制草莓表皮组织和细胞壁的退化,减缓淀粉

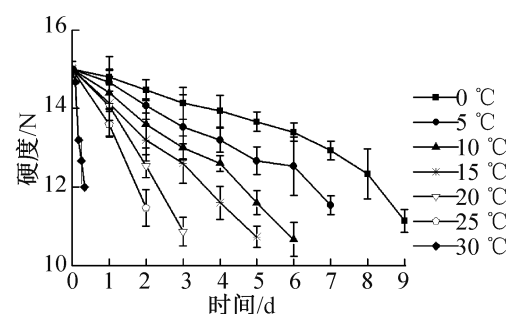


图 4 贮藏温度和时间对草莓硬度的影响

Fig.4 Effect of different storage temperature and time on firmness of strawberry

和细胞壁物质的降解,保持草莓的硬度。

2.5 贮藏温度和时间对草莓相对电导率的影响

相对电导率反映了果实细胞膜的渗透率和成熟衰老程度^[13]。果蔬组织在后熟衰老过程中,细胞质膜功能活性降低,膜通透性增加,出现细胞内电解质外渗,相对电导率升高^[14]。随着草莓果实采后衰老,果肉细胞膜的完整性会受到破坏,使得细胞膜渗透性逐渐增大,组织间的电导率增加。如图 5 所示,随着贮藏温度的上升和贮藏时间的增加,果实的相对电导率逐渐增大。0℃、5℃、10℃、15℃、20℃、25℃、30℃贮藏条件下,草莓销售界限(9 d、7 d、6 d、5 d、3 d、2 d、8 h)对应的相对电导率分别为 39.05%、38.23%、38.38%、40.54%、37.12%、36.61%、29.59%。高温条件下,草莓果实组织细胞膜的完整性更易受到破坏,导致细胞膜透性增大,相对电导率增大。因此低温可以减缓草莓相对电导率的增加,维持细胞膜的完整性,延缓草莓果实的衰老。

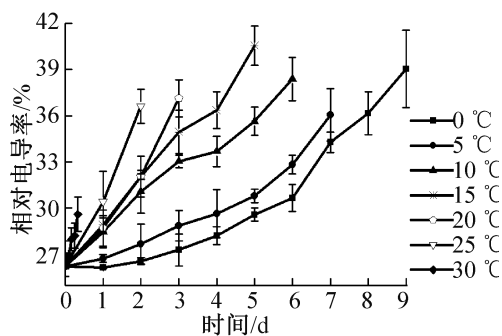


图 5 贮藏温度和时间对草莓相对电导率的影响

Fig. 5 Effect of different storage temperature and time on relative electrical conductivity of strawberry

2.6 贮藏温度和时间对草莓糖酸比的影响

糖酸比直接影响到草莓果实的风味和商品价值,是形成草莓产品商品性的重要指标之一^[15]。一般来说,草莓的糖酸比随贮存时间延长而下降。如图 6 所示,0℃、5℃、10℃、15℃、20℃、25℃、30℃贮藏条件下,草莓销售界限(9 d、7 d、6 d、5 d、3 d、2 d、8 h)对应的糖酸比分别为 12.48、12.10、12.11、11.75、13.60、13.49、13.80。温度越高,草莓的呼吸强度越高,消耗的呼吸底物(糖类、有机酸等)越迅速,果实的糖酸比下降就越迅速,高温会加速草莓的衰老,导致草莓风味的丧失。因此,低温能有效延缓草莓的后熟衰老过程,抑制草莓糖酸比的降低,维持果实的口感与风味。

2.7 贮藏温度和时间对草莓 Vc 含量的影响

草莓中维生素 C 含量丰富,是重要的营养成分

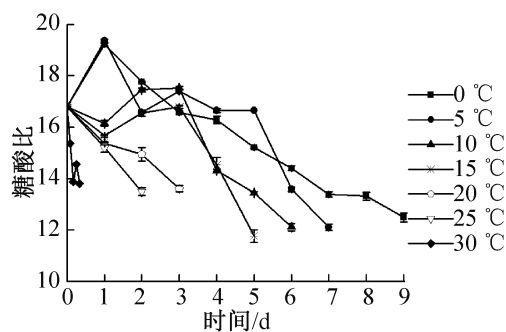


图 6 贮藏温度和时间对草莓糖酸比的影响

Fig. 6 Effect of different storage temperature and time on sugar-acid ratio of strawberry

之一;但是维生素 C 极不稳定,极易受外界条件影响而发生不可逆降解。如图 7 所示,随着贮藏温度的上升和贮藏时间的增加,草莓的 Vc 含量逐渐下降。0℃、5℃、10℃、15℃、20℃、25℃、30℃贮藏条件下,草莓销售界限(9 d、7 d、6 d、5 d、3 d、2 d、8 h)对应的 Vc 含量分别为 22.02 mg/100 g、27.81 mg/100 g、21.01 mg/100 g、24.10 mg/100 g、23.06 mg/100 g、31.61 mg/100 g、43.32 mg/100 g。温度越高,草莓果实的 Vc 含量下降越迅速,30℃条件下,草莓贮藏 8 h 后 Vc 含量仅保持 54.37%,而 0℃条件下,草莓贮藏 1 d 后 Vc 含量仍保持了 94.16%,因此,低温能有效抑制草莓 Vc 含量的下降,维持草莓的营养品质。

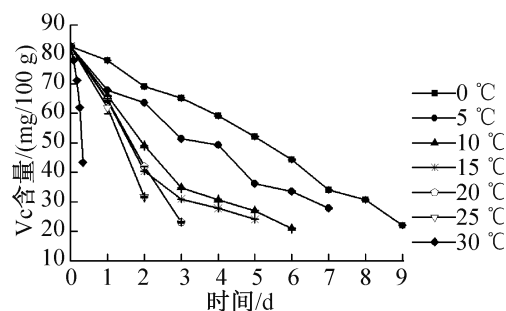


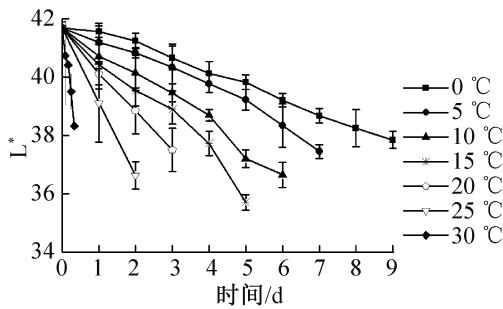
图 7 贮藏温度和时间对草莓 Vc 含量的影响

Fig. 7 Effect of different storage temperature and time on Vc content of strawberry

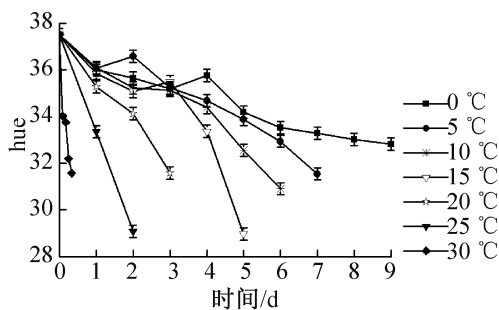
2.8 贮藏温度和时间对草莓色差的影响

L^* 值表示草莓果实的亮度, L^* 值的下降是果实贮藏过程中衰老的表现^[16]。如图 8(a) 所示,草莓的亮度(L^*)随着贮藏温度 and 时间的增加而降低,温度越高,草莓的 L^* 值下降越快,高温加速草莓褐变的反应速率,导致草莓色泽暗淡, L^* 值迅速降低。hue 值表示的是草莓果实的色调角,在 $0^\circ \sim 90^\circ$ 色调角范围内,随着角度的减小,颜色依次从黄色(90°)、橙黄色、橙红色、红色到紫红色(0°) 过渡。如图 8(b) 所

示,草莓果实随着贮藏温度的升高和贮藏时间的增加,色调角总体呈下降趋势,温度越高,色调角下降越快,这一结果与 Shin Y 等^[17]的研究结果一致。因此,低温能够有效保持草莓果实的亮度和色泽。



(a) 贮藏温度和时间对草莓亮度(L*)的影响



(b) 贮藏温度和时间对色调角(hue)的影响

图8 贮藏温度和时间对草莓色差的影响

Fig. 8 Effect of different storage temperature and time on color difference of strawberry

3 结论

温度是影响草莓保鲜的重要因素。不同温度对草莓的呼吸强度影响显著,温度越高,草莓的呼吸强度越大,30 °C条件下草莓的呼吸强度是0 °C条件下呼吸强度的13.97倍。同时,温度越高,草莓的品质及营养成分下降越迅速;30 °C条件下,草莓的品质迅速下降,商品寿命仅8 h;因此,草莓采后1 h内需快速预冷到接近适宜的贮藏温度,从而更好的保证草莓的商品品质。

低温可有效延缓草莓组织衰老,保持新鲜品质。0 °C贮藏条件下,草莓的感官、硬度及营养成分下降缓慢,贮藏9 d后,草莓的感官评价、失重率、硬度、相对电导率、糖酸比、Vc、L*和hue值分别为5.4、3.18%、11.13 N、39.05%、12.48、22.02 mg/100 g、37.84、32.81。各项指标均优于5~30 °C条件下贮藏的草莓。综上所述,草莓在0 °C条件下的贮藏效果最好。

本文受北京市农林科学院科技创新能力建设专项项目

(KJCX20140205)资助。(The project was supported by the Science and Technology Innovation Special Construction of Beijing Academy of Agriculture and Forestry Science (No. KJCX20140205).)

参考文献

- [1] 乔勇进,王海宏,方强,等. 草莓采后处理及贮藏保鲜的研究进展[J]. 上海农业学报, 2007, 23(1): 109-113. (Qiao Yongjin, Wang Haihong, Fang Qiang, et al. Research advances in the post-harvest treatment and storage and freshness retention of strawberry[J]. Acta Agricultural Shanghai, 2007, 23(1): 109-113.)
- [2] 杨继涛,史继华. 草莓采后生理品质变化及贮藏保鲜技术研究进展[J]. 陕西农业科学, 1998(5): 35-38. (Yang Jitao, Shi Jihua. Research advances in the post-harvest quality variation and storage and freshness retention of strawberry[J]. Shanxi Journal of Agricultural Sciences, 1998(5): 35-38.)
- [3] 陈学红,贺菊萍. 草莓采后生理和品质变化及保鲜技术[J]. 河北农业科学, 2008, 12(9): 19-22. (Chen Xuehong, He Juping. Physiological and quality changes and preservation technology of strawberry after harvest[J]. Journal of Hebei Agricultural Sciences, 2008, 12(9): 19-22.)
- [4] Ayala-Zavala J F, Wang S Y, Wang C Y, et al. Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit[J]. LWT-Food Science and Technology, 2004, 37(7): 687-695.
- [5] Shin Y, Liu R H, Nock J F, et al. Temperature and relative humidity effects on quality, total ascorbic acid, phenolics and flavonoid concentrations, and antioxidant activity of strawberry [J]. Postharvest Biology and Technology, 2007, 45(3): 349-357.
- [6] 谢晶,张利平,王金锋,等. 贮藏温度对草莓理化性质的影响[J]. 食品科学, 2013, 34(22): 307-310. (Xie Jing, Zhang Liping, Wang Jinfeng, et al. Effect of storage temperature on physico-chemical properties of strawberry [J]. Food Science, 2013, 34(22): 307-310.)
- [7] 李军. 钼蓝比色法测定还原型维生素C[J]. 食品科学, 2000, 21(8): 42-45. (Li Jun. Molybdenum blue colorimetric method to determine reduced vitamin C [J]. Food Science, 2000, 21(8): 42-45.)
- [8] 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, 2007, 152-154.
- [9] Holcroft D M, Kader A A. Controlled atmosphere-induced changes in pH and organic acid metabolism may affect color of stored strawberry fruit [J]. Postharvest Biology and Technology, 1999, 17(1): 19-32.
- [10] Cantwell M I, Thangaiah A. Acceptable cooling delays for selected warm season vegetables and melons [J]. Acta

- Horticulture, 2012, 934: 77-84.
- [11] 李雪枝, 郑铁松, 战旭梅. 不同浓度 1-MCP 对草莓保鲜效果的研究[J]. 食品科学, 2006, 27(11): 513-516. (Li Xuezhi, Zheng Tiesong, Zhan Xumei. Study on effect of 1-MCP of different concentrations on fresh-keeping of strawberry fruit[J]. Food Science, 2006, 27(11): 513-516.)
- [12] 曹雪慧, 杨方威, 朱丹实, 等. 壳聚糖复合涂膜对草莓保鲜的影响[J]. 食品与发酵工业, 2014, 40(4): 205-209. (Cao Xuehui, Yang Fangwei, Zhu Danshi, et al. Effect of chitosan mixture on strawberry fresh-keeping[J]. Food and Fermentation Industries, 2014, 40(4): 205-209.)
- [13] Jiang Y, Shiina T, Nakamura N, et al. Electrical conductivity evaluation of postharvest strawberry damage [J]. Journal of Food Science, 2001, 66(9): 1392-1395.
- [14] 祝美云, 白欢, 魏征, 等. 1-MCP 与植酸处理对草莓果实采后生理品质的影响[J]. 食品科学, 2011, 32(24): 296-300. (Zhu Meiyun, Bai Huan, Wei Zheng, et al. Effects of individual and combined 1-MCP and phytic acid treatments on physiological characteristics of postharvest strawberry[J]. Food science, 2011, 32(24): 296-300.)
- [15] 魏娜. 预温处理对草莓采后细胞壁降解的影响[D]. 重庆: 西南大学, 2008.
- [16] 陈婷, 王日葵, 周炼, 等. 柑橘贮藏期间色差指数变化规律的研究[J]. 农产品加工. 学刊, 2010(3): 4-7. (Chen Ting, Wang Rikui, Zhou Lian. Study on the variation of chromatism index of the citrus during storage[J]. Academic Periodical of Farm Processing, 2010(3): 4-7.)
- [17] Shin Y, Ryu J A, Liu R H, et al. Harvest maturity, storage temperature and relative humidity affect fruit quality, antioxidant contents and activity, and inhibition of cell proliferation of strawberry fruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 2008, 49(2): 201-209.

通信作者简介

刘升,男,教授级高级工程师,硕士生导师,北京市农林科学院蔬菜研究中心,13501005166,E-mail: liusheng@nerv.org。研究方向:农产品冷链物流装备和技术及制冷工程。

About the corresponding author

Liu Sheng, male, professor of engineering, graduate adviser, Beijing Vegetable Research Center, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, + 86 13501005166, E-mail: liusheng@nerv.org. Research fields: cold chain equipment and technology of agriculture products and refrigeration engineering.