

光量子对草莓保鲜效果及草莓内部结构的影响

赵冬倩, 周庆礼, 王昌禄, 李贞景, 车宇翔, 满迎迎, 陈迪

(食品营养与安全教育部重点实验室, 天津科技大学食品工程与生物技术学院, 天津 300457)

摘要: 为探索光量子在低温条件下对草莓的保鲜效果, 以“红天日本 99”草莓为材料, 分别置于普通保鲜箱和光量子场保鲜箱中, 研究光量子辐照对草莓在 0 °C 和 -3 °C、14 d 贮藏期间果实主要品质指标和内部结构变化的影响。结果表明: 0 °C、-3 °C 条件下, 光量子辐照均降低了草莓果实失重率、腐烂指数, 延缓了果实可滴定酸、可溶性糖、可溶性固形物和 Vc 质量分数的下降, 其中 -3 °C 光量子处理组可保持草莓果实内部结构的完整性, 且保鲜效果明显好于 0 °C 光量子处理组。无光量子时, 0 °C 条件的保鲜效果好于 -3 °C 条件。上述结果表明: 光量子辐照在草莓果实保鲜中具潜在的应用前景。

关键词: 光量子; 草莓; 果实内部结构; 保鲜

文章编号: 1673-9078(2015)7-146-151

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.7.024

Effect of Light Quantum Field on Preservation and Internal Structure of Strawberries

ZHAO Dong-qian, ZHOU Qing-li, WANG Chang-lu, LI Zhen-jing, CHE Yu-xiang, MAN Ying-ying, CHEN Di

(Key Laboratory of Food Nutrition and Safety Tianjin University of Science and Technology, Ministry of Education, School of Food Engineering and Biotechnology, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300457, China)

Abstract: Freshly harvested “Japan Hong Tian 99” strawberries were placed in light quantum field and then stored in common storage boxes at 0 °C and -3 °C for 14 days, to investigate the effects of light quantum field on the quality and structure of fruits. The results showed that weight-loss rate and decay index were reduced in the light quantum field, while the decline of titratable acid, soluble sugar, soluble solid, and Vc contents was delayed at 0 °C and -3 °C. Additionally, -3 °C light quantum treatment resulted in better preservation than that at 0 °C, maintaining the integrity of the fruit's internal structure. In the absence of light quantum field, the preservation effect at 0 °C was better than that at -3 °C. The results suggest that light quantum preservation could be considered as a potential alternative for preservation of strawberry fruits.

Key words: light quantum; strawberry; fruit internal structure; fresh keeping

光量子是传递电磁相互作用的基本粒子, 是一种规范玻色子。光子浴是指将紫外线、红外线、微波和激光等多个波长波段的电磁波结合起来构成一种具有不同能量、能够杀菌的新“光”^[1]。有研究表明, 光量子具有一定的杀菌作用, 具有光子构成的弱激光对蛋白质的高级结构以及生物酶活性具有一定的调解作用。事实上, 光子浴的杀菌就是紫外线、红外线、微波、激光的协同杀菌^[2]。目前, 在国外, 光量子技术多应用在农业和食品工业检测上, 如美国集成视觉公司用滤光片而不用激光条纹来筛选质量合格的薄饼; 瑞典 Svep 设计中心建议把激光投射与单个互补金属氧化物半导体探测器结合来为

收稿日期: 2014-10-21

基金项目: 国家自然科学基金项目 (31271950)

作者简介: 赵冬倩 (1989-), 女, 在读硕士研究生, 研究方向: 食品科学
通讯作者: 周庆礼 (1963-), 男, 研究员, 硕士生导师, 研究方向: 食品科学; 王昌禄 (1961-), 男, 教授, 博士生导师, 研究方向: 食品生物技术等

计算机分析提供图像^[3]; 芬兰 Oulu 大学和 Joensuu 大学的研究人员制成反射计分析牛奶的光学特性, 从而测定牛奶的脂肪含量^[4], 西班牙王子 SL 公司建议用单色渐进扫描照相机和红光照明对桔子进行初步分级^[5]等。在国内, 光量子技术多应用于医学和生物学领域, 如激光作为诱变因子诱发生物变异培育新品种, 利用激光微束诱导细胞融合, 根据激光特点发明激光微束技术、光子诊断技术及激光共聚焦扫描显微术等, 而在食品保鲜方面并无涉及。

草莓属蔷薇科草莓属多年生草本植物, 每年 4~5 月上市^[6]。草莓果实不但色泽鲜艳, 柔软多汁, 香味浓郁, 而且富含维生素、糖、氨基酸及铁、镁等矿物质元素, 营养丰富, 素有“水果皇后”的美誉。草莓还具有清火解热、生津止渴、利尿止泻等药理作用和治病、防病、抗癌等食疗功效^[7]。但草莓含水量高达 90%~95%、组织娇嫩, 易受机械损伤和微生物侵染而腐烂变质^[9], 常温下 1~2 d 就会变色、变

味、和软化腐烂^[8]。为此,本实验构建光子场,进一步探讨光量子对草莓的保鲜效果。

本实验旨在利用扫描电镜对经过光子场处理的草莓果实内部微观结构变化进行观察,并与其生理指标相结合,探讨光子场是否温度在 0 °C 以下有更好的保鲜作用。

1 材料与方法

1.1 试验材料

草莓,采自天津市汉沽区金湾草莓采摘科技园,品种是红天日本 99。选取成熟度为八成熟,无机械损伤、无病虫害,大小一致的果实。

氢氧化钠、酚酞、蒽酮、碘、抗坏血酸、草酸均为分析纯,天津市化学试剂一厂生产。

1.2 主要仪器设备

光量子装置,自制;低温培养箱,上海一恒有科技有限公司;网络型温湿度记录仪,上海威铭首旺电子机械设备有限公司;扫描式电子显微镜,日本日立公司;Agilent 8453 紫外可见分光光度计,安捷伦科技有限公司;TDL-5-A 离心机,上海安亭科学仪器厂;手持糖度计,深圳市同奥科技有限公司;CHRIST 真空冷冻干燥机,北京五洲东方科技发展有限公司。

1.3 试验处理

采摘的草莓放置在泡沫盒,胶带密封,立即运回实验室。再次挑选无机械损伤、无病虫害的草莓,单层序列摆放于水果塑料托盘,每盒 12 个,用 PE 膜密封包装,及时放入低温培养箱,一培养箱为光量子照射,另一培养箱为普通培养。培养箱温度分两批依次设定,分别为 0 °C 和 -3 °C,相对湿度均为 80%~85%,保鲜 14 d。每 2 d 测定一次,各指标重复测定 3 次;草莓果实显微结构每 5 d 观察一次,每次重复观察 2 次。

网络型温湿度记录仪测定草莓的冰点和过冷

点,结果为:普通条件时,草莓冰点为 -1.8 °C,过冷点约为 -7.4 °C;光量子条件时,草莓冰点范围为 -2.5±0.5 °C,未检测出过冷点。

扫描电镜样品前处理:快速取出若干草莓,放入置于泡沫盒的平板中;用食用小刀手工切片(纵横切),保鲜膜包装,再放置 -80 °C 冰箱冷冻,真空冷冻干燥机制干;冻干的样品用镊子以尖、中心、外端分隔,断面放置来观察草莓果实显微结构。

1.4 测定方法

1.4.1 失重率

草莓果实失重率:采用称重法^[9]计算。

$$\text{失重率}/\% = \frac{\text{初始重量} - \text{称重量}}{\text{初始重量}} \times 100$$

1.4.2 腐烂指数

按果实腐烂面积大小将果实划分为 4 级^[9]:0 级,果实新鲜,无腐烂斑点;1 级,果实有 1~3 个小腐烂斑点;2 级,腐烂面积占果实面积 25%~50%;3 级,腐烂面积大于果实面积的 50%。

$$\text{腐烂指数}/\% = \frac{\sum \text{腐烂级别} \times \text{该级果实数}}{\text{最高腐烂级数} \times \text{总果实数}} \times 100$$

1.4.3 实验测定

可溶性固形物:用手持糖度计法^[10];Vc 含量:碘量法^[11];可滴定酸:NaOH 滴定法^[12];可溶性糖:蒽酮法^[13]。

1.4.4 数据分析

每组试验进行 3 个平行,数值表示为平均值±标准差,Microsoft Excel 软件计算,图表以 Office 2007 软件绘制。不同处理间的显著性差异用 SPSS 数据处理系统中随机单位组设计模块以 LSD 最小显著差数法进行分析,差异比较水平 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果与讨论

2.1 光量子场辐照对草莓失重率的影响

采后草莓的失水状况直接影响到果实的新鲜程度。

表 1 草莓采后失重率的变化 (%)

Table 1 Change in weightlessness rate of strawberries (%)

组别	贮藏天数/d							
	0	2	4	6	8	10	12	14
-3°C 对照组	0	0.79±0.02	2.87±0.12	4.27±0.16	6.77±0.34	8.52±0.67	9.10±0.54	9.58±0.33
0°C 对照组	0	0.27±0.01	0.69±0.03	1.06±0.10	1.23±0.13	1.45±0.11	1.55±0.16	1.86±0.18
-3°C 试验组	0	0.25±0.01	0.45±0.08	0.64±0.07	0.87±0.03	1.02±0.12	1.19±0.09	1.38±0.11
0°C 试验组	0	0.17±0.02	0.42±0.05	0.96±0.07	1.22±0.10	1.42±0.19	1.51±0.09	1.76±0.11

从表 1 可以看出,随着贮藏时间的延长,4 组草莓的失重率都呈上升趋势,其中-3℃对照组失重率近 10%。两对照组相比,0℃保鲜效果明显优于-3℃,这可能是较低的温度对草莓产生冷害,从而加速草莓呼吸、引起严重失水。这与目前研究确定的 0℃是草莓最佳贮藏温度相符。两光量子组(试验组)相比,前 4 d -3℃光量子组失重率略高于 0℃,从第 6 d 起,0℃光量子组失重率高于-3℃;产生这种现象的原因可能是贮藏前期低温影响占主要因素,贮藏后期光量子辐照发挥主要作用,即光量子场保鲜高含水食品时可以降低其过冷点,减少失重。

经光量子处理后,草莓保鲜过程中失重率的增长趋势比较平缓,相对于对照组有显著差异,说明光量子处理能有效减缓草莓失水。并且,与 0℃光量子条件相比,-3℃光量子处理时有显著差异,说明光量子于 0℃以下更能有效发挥其保鲜作用。

2.2 光量子场辐照对草莓腐烂指数的影响

果实腐烂指数是判断贮藏效果的主要指标。

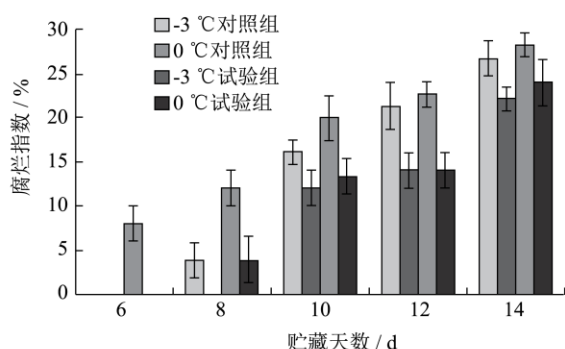


图 1 草莓采后腐烂指数变化

Fig.1 Change in decay index of strawberries

从图 1 可以看出,两对照组腐烂指数明显高于两光量子组,除 0℃对照组外,其余三组均在贮藏 6 d 后出现腐烂现象。随着贮藏时间延长,腐烂指数均呈上升趋势。两试验组在贮藏 12 d 时(第 13 d)腐烂指数均仅为 14%,而对照组分别为 22.67%和 21.33%,仅 14 d 后两试验组腐烂指数才略高于 20%。与-3℃相比,0℃贮藏时草莓腐烂指数更高,这可能是光量子场杀菌引起的,也可能是光量子有抑制果实后熟的作用。

可见,经光量子处理后,草莓贮藏过程中腐烂指数的增长趋于平缓,相对于对照组有显著差异,说明光量子能显著降低草莓腐烂指数,有效抑制微生物生长。两光量子组相比,-3℃的条件处理时差异更显著,说明光量子于-3℃时保鲜效果更好。

2.3 光量子场辐照对草莓可溶性固形物含量的影响

可溶性固形物主要用来衡量果实的成熟情况,其含量能够反映水果的生理和品质状态。

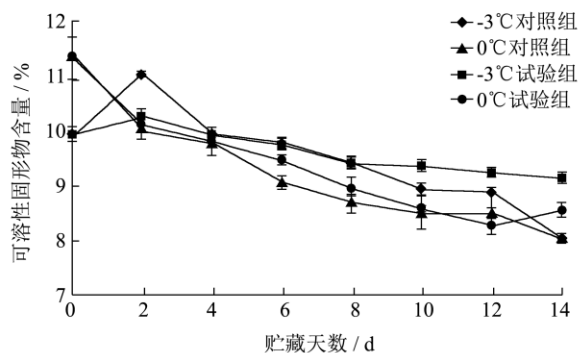


图 2 草莓采后可溶性固形物含量的变化

Fig.2 Change in soluble solid content of strawberries

从图 2 看出,0℃贮藏时,草莓可溶性固形物含量呈下降趋势;-3℃贮藏时,此含量是先上升后下降的趋势。上升是由于草莓果实内非水溶性碳水化合物被分解成可溶的化合物;下降是果实呼吸强度加强,消耗营养物质速度加快。因此,与 0℃相比,-3℃贮藏初期草莓果实的分解作用大于其呼吸作用,可释放一些营养物质。两光量子组相比,-3℃贮藏时,可溶性固形物含量稳定性强,无较大波动,贮藏第 14 d 时固形物含量是 9.13%,仅比鲜草莓固形物低 0.80%;0℃贮藏时,贮藏前期可溶性固形物含量波动较大,第 7 d 时含量波动趋势减弱,第 14 d 固形物含量是 8.57%。与对照组相比,光量子组可溶性固形物含量的波动性更小。因此,推断光量子场可能有平衡果实生理活性、减缓呼吸消耗的特性。

由图 2 还可以看出,经光量子处理后,能有效减缓可溶性固形物含量的下降趋势,其中温度为-3℃时效果稍好,但与 0℃光量子时相比,其保鲜效果相差不大。因此,四组处理间差异不显著。

2.4 光量子场辐照对草莓可溶性糖含量的影响

可溶性糖作为草莓果实的主要品质成分之一,其含量多少直接影响到果实的风味。

从图 3 可以看出,贮藏期间,可溶性糖含量呈现先上升后下降的变化趋势,且试验组的草莓可溶性糖含量明显高于对照组。贮藏前期(前 4 d)草莓

可溶性糖含量升高,是由于果实内非可溶性糖分解引起的;贮藏后期草莓可溶性糖含量开始下降,是因为草莓呼吸强度加强、营养消耗造成的。两对照组含量变化几乎一致;两光量子组相比,-3℃贮藏时可溶性糖含量略有波动,整体高于0℃。各试验组和对照组相比,试验组的草莓可溶性糖含量显著高于相应对照组。说明光量子场在零下温度时保鲜作用更好,且光量子场能更大程度的保持草莓的可溶性糖含量,抑制消耗。

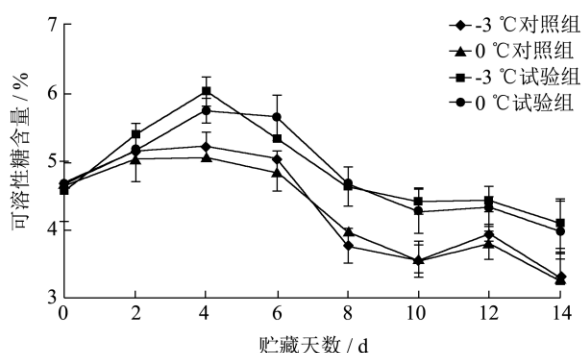


图3 草莓采后可溶性糖含量的变化

Fig.3 Change in soluble sugar content of strawberries

使用 SPSS 进行差异性分析可知,组间差异显著,说明经光量子处理后,草莓保鲜过程中可溶性糖含量的下降趋势平缓,其中-3℃试验组的保鲜效果最好。

2.5 光量子场辐照对草莓可滴定酸含量的影响

可滴定酸和可溶性糖都是影响草莓品质和口感的主要成分。草莓果实所含酸组分中80%~90%为柠檬酸。

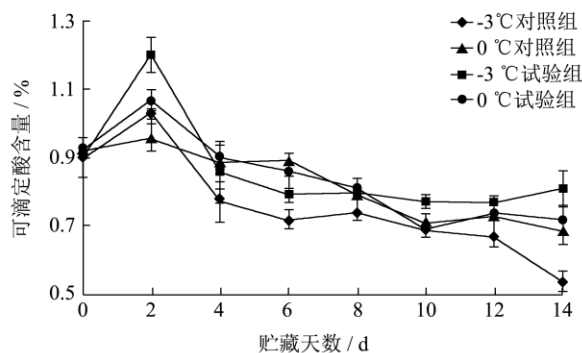


图4 草莓采后可滴定酸含量的变化

Fig.4 Change in titratable acid content of strawberries

从图4中可以看出,贮藏期间,草莓果实可滴定酸含量呈先上升后下降趋势。上升是由于草莓的后熟过程中会释放有机酸所致,而降低则是因为有

机酸作为呼吸代谢底物而不断被消耗。两光量子组相比,-3℃贮藏时草莓可滴定酸含量的变化波动性较小,第14d时酸含量是0.81%。而0℃仅为0.72%;两对照组相比,0℃贮藏的可滴定酸含量显著高于-3℃条件;各试验组和对照组相比,试验组可滴定酸含量变化波动较稳定,更大程度维持草莓风味。

由此可知,光量子在一定程度上减缓了草莓可滴定酸含量的波动。与对照组相比,光量子组的保鲜效果差异显著,且-3℃光量子时保鲜效果显著好于0℃条件的。

2.6 光量子场辐照对草莓Vc含量的影响

草莓Vc含量丰富,但贮藏中易被氧化而损失严重。

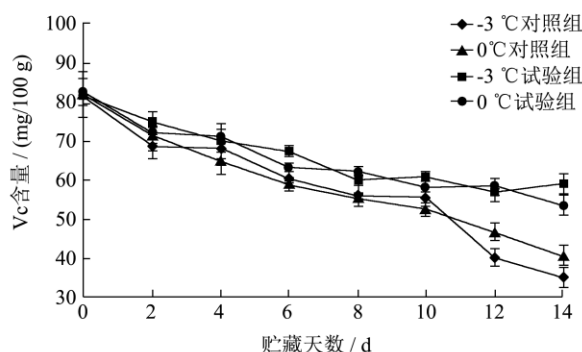


图5 草莓采后Vc含量的变化

Fig.5 Change in ascorbic acid content of strawberries

从图5中可以看出,随着贮藏时间的延长,草莓果实中Vc含量呈不断降低的趋势。图中整体趋势看,Vc含量最高的是-3℃试验组,第14d时Vc含量近60%;其次是0℃试验组,第14d时Vc含量是53.61%;最差的是-3℃对照组,第14d时Vc含量是35.46%。这与前面的其他指标变化规律相符。因此,光量子场有维持草莓果实营养物质的功能,同时验证了光量子于零下温度贮藏草莓的可能性。

由SPSS进行方差分析可知,经光量子处理后,草莓贮藏过程中Vc含量的下降趋势比较平缓,相对于对照组有显著差异,说明光量子能有效抑制草莓Vc含量的下降,且-3℃试验组保鲜效果显著好于0℃的,这可能是与光量子可降低高含水果蔬冰点有关。

2.7 扫描电镜对草莓果实结构的观察

在国内,利用电镜分析草莓保鲜效果的文章比较少,分析的目的也不同,如李梦钗等^[14]利用透射电镜研究鲜草莓果实的细胞结构,俞骏等^[15]利用扫描电镜观察草莓的表面结构。本实验通过扫描电镜

观察草莓果实不同切面、不同部位分子结构的变化来分析光量子场保鲜机制,为保鲜机理的探讨提供了一种全新的方法。如下,以草莓横切面为例进行研究。

2.7.1 贮藏后草莓的横切尖部、中心、端部的比较

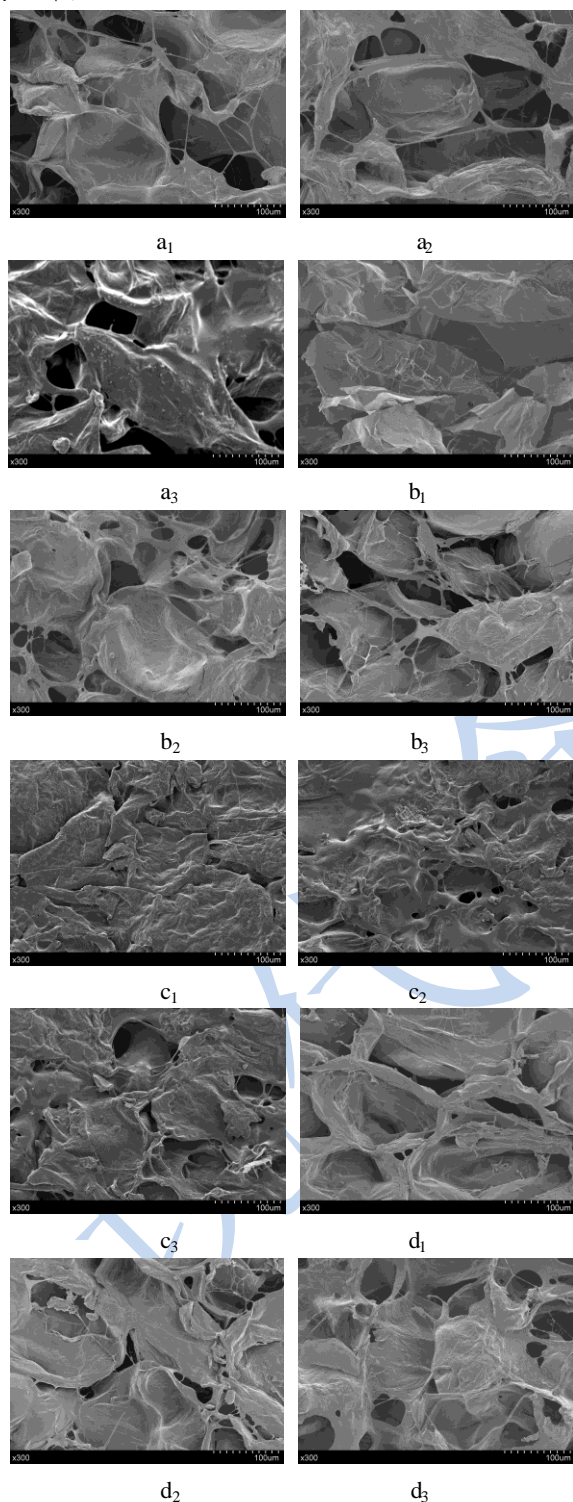


图6 草莓电镜图(×300)

Fig.6 Scanning electron micrographs of strawberries (×300)

注: a₁、a₂、a₃ 分别是 0℃对照组的草莓尖部、中心、端

部, b₁、b₂、b₃ 分别是 0℃光量子组的草莓尖部、中心、端部, c₁、c₂、c₃ 分别是 -3℃对照组的草莓尖部、中心、端部; d₁、d₂、d₃ 分别是 -3℃光量子组的草莓尖部、中心、端部。

从图6中可以看出三点:一是不同处理的草莓果实结构差异显著。-3℃光量子组保存14d时,个体组织棱角分明,组织间排列紧密,但有支撑键断裂的现象。0℃光量子组保存14d时,个体组织结构排列紧密,但个体组织表面出现裂痕且草莓外观略有失水现象。0℃对照组保存14d时,个体组织结构排列疏松,组织间的支撑键断裂现象严重且草莓外观有失水现象。-3℃对照组保存14d时,个体组织结构出现塌陷现象,草莓外观腐烂现象较严重。二是两光量子组相比,-3℃光量子组保鲜效果好于0℃条件;两对照组相比,0℃对照组处理效果好于-3℃条件;相同保鲜温度相比,光量子组保鲜效果更好。三是,随着保鲜时间的延长,草莓微观结构会出现组织结构排列疏松、组织之间键能断裂的现象,草莓外观会出现失水、腐烂的现象。

3 结论

3.1 本研究创新型利用光量子在0℃以下保鲜草莓,并结合扫描电镜观察草莓微观结构的改变,实验结果表明,经-3℃、14d光量子处理,不仅有效降低了草莓失重率和腐烂指数,延缓了果实可滴定酸、可溶性糖、可溶性固形物和Vc质量分数的下降,而且保持了草莓结构的完整性,并为光量子可降低草莓过冷点提供了有力证据。

3.2 目前,多数研究认为,草莓最佳贮藏温度是0℃,较好的贮藏技术是气调贮藏技术。但气调贮藏设施成本费用高,专业性要求强,很难的到广泛应用。而本实验的光量子装置是自制的,经济节约、操作简单,不仅对冷藏过程的果实具有很好的保鲜效果,而且是一种新型、安全、有效的保鲜方法。

参考文献

- [1] 黄值河,杨一明.光子浴[J].科技资讯,2007,29:6-7
HUANG Zhi-he, YANG Yi-ming. Photon Bath [J]. Science & Technology Information, 2007, 29: 6-7
- [2] 刘文.光子浴-光子杀菌的新方向[J].大众科技, 2008, 111(11):165-166
LIU Wen. Photon Bath- New Direction of Photon Sterilization [J]. Popular Science & Technology, 2008, 111(11): 165-166
- [3] Daniel C McCarthy. The perfect chocolate chip cookie [J]. Photonics Spectra, 2000, 34(3): 104-117

- [4] Aaron J Hand, C McCarthy. Interactive story: from corn to cupcakes [J]. Photonics Spectra, 2000, 34(3): 91-103
- [5] Daniel C McCarthy. The perfect orange [J]. Photonics Spectra, 2000, 34(3): 112-117
- [6] 龚军,张茂美,付辉,等.改性魔芋葡甘聚糖涂膜对草莓的保鲜研究 [J].食品工业科技,2014,35(1):315-317
GONG Jun, ZHANG Mao-mei, FU Hui, et al. Study of Modified Konjac Glucomannan Coating on Fresh-Keeping of Strawberry [J]. Science and Technology of Food Industry, 2014, 35(1): 315-317
- [7] 杨俊丽,乔勇进,陈召亮,等.高能电子束辐照对草莓保鲜效果的影响[J].上海农业学报,2010, 26(3):8-12
YANG Jun-li, QIAO Yong-jin, CHEN Zhao-liang, et al. Fresh-Keeping Effect of High Energy Electron Beam Irradiation on Strawberry [J]. Acta Agriculturae Shanghai, 2010, 26(3): 8-12
- [8] 聂凌鸿,黄樱樱.草莓复合涂膜保鲜效果的研究[J].食品科技,2012,37(8):52-56
NIE Ling-hong, HUANG Ying-ying. The Effect of Complex Coating on Fresh Keeping of Strawberry [J]. Food Science and Technology, 2012, 37(8): 52-56
- [9] 陈学红,郑永华,杨震峰,等.高氧处理对草莓采后腐烂和品质的影响 [J].农业工程学报,2004, 20(5):200-202
CHEN Xue-hong, ZHENG Yong-hua, YANG Zhen-feng, et al. Effect of High Oxygen Treatments on Fruit Decay and Quality of Strawberries [J]. Transactions of the CSAE, 2004, 20(5): 200-202
- [10] 王跃生,王金钱,陈银芳,等.折光法快速判断中药柱层析过程中的始终点及其在树脂精制丹参有效部位中的应用[N].江西中医学院学报,2007-04-19(2)
WANG Yue-sheng, WANG Jin-qian, CHEN Yin-fang, et al. Refractive Principle to Judge the Beginning Point of the Process of the Traditional Chinese Medicine Filtered by Colum Chromatography Rapidly and their Application in Purification Active Region of Dan Shen Root with Macroporous Resin [N]. Journal of Jiangxi University of TCM, 2007-04-19(2)
- [11] 库尔班江,赛丽曼.碘量法测水果蔬菜中维生素 C 的含量[J].伊犁师范学院学报(自然科学版),2007,9(3):28-32
Korbanjhon, Salimam. Determination of Ascorbic Acid in Vegetables and Fruits by Iodimetry [J]. Journal of Yili Normal University (Natural Science Edition), 2007, 9(3): 28-32
- [12] 徐佳琦.桑叶复方对草莓等水果保鲜作用及其机制研究 [D].上海:华东理工大学,2013
XU Jia-qi. The Research on Effect of Fruits (such as Strawberry) Preservation and Mechanism of Mulberry Leaves Compound [D]. East China University of Science and Technology, Shang Hai, 2013
- [13] 曹建康,姜微波,赵玉梅.果实采后生理生化指导[M].北京:中国轻工业出版社,2007
CAO Jian-kang, JIANG Wei-bo, ZHAO Yu-mei. Physiological and Biochemical Guidance of Fruit Postharvest [M]. Bei Jing:China Light Industry Press, 2007
- [14] 李梦钗,冯薇,葛艳蕊.臭氧处理草莓果实内部结构显微观察[J].北方园艺,2013,18:128-130
LI Meng-chai, FENG Wei, GE Yan-rui. Microscopic Observation on the Internet Structure of Strawberry Fruit After Ozone Treatment [J]. Northern Horticulture, 2013, 18: 128-130
- [15] 俞骏,雷桥,徐莲.真空冷冻干燥草莓多孔性的研究 [J].保鲜与加工,2007,38(1):26-28
YU Jun, LEI Qiao, XU Lian. Study on Porosity of Vacuum Freeze Dried Strawberry [J]. Storage and Process, 2007, 38(1): 26-28