

保鲜技术在果蔬仓储过程中的应用研究进展

刘伟, 王洪江, 孟令伟
(黑龙江八一农垦大学, 大庆 163319)

摘要: **目的** 针对目前果蔬保鲜技术的发展现状, 探讨新的保鲜技术方向。 **方法** 通过分析果蔬特点, 阐述影响果蔬储存的3个主要因素。根据果蔬保鲜安全、营养、新鲜等要求, 对国内外多种果蔬保鲜技术进行分析与研究, 并提出今后的研究方向。 **结论** 保鲜技术的应用能够延长果蔬货架期, 但单一保鲜技术存在一定的缺陷, 综合保鲜技术是今后果蔬保鲜技术的发展方向。

关键词: 保鲜技术; 果蔬; 包装; 研究进展

中图分类号: TB485.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)17-0058-06

Research Progress of Fresh-keeping Technology in Fruits and Vegetables Storage

LIU Wei, WANG Hong-jiang, MENG Ling-wei
(Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing 163319, China)

ABSTRACT: The work aims to study the direction of the new fresh-keeping technology with respect to the current development situation of the fresh-keeping technology of fruits and vegetables. Three main factors affecting the storage of fruit and vegetable were elaborated by analyzing the characteristics of fruits and vegetables. According to such requirements as safety, nutrition and freshness of fruits and vegetables, many kinds of domestic and overseas fresh-keeping technologies of fruit and vegetable were analyzed and studied, and the future research direction was put forward. The application of fresh-keeping technology can extend the shelf life of fruits and vegetables, but the single fresh-keeping technology has some shortcomings. The synthetic fresh-keeping technology will be the development direction of the fresh-keeping technology of fruits and vegetables.

KEY WORDS: fresh-keeping technology; fruits and vegetables; packaging; research progress

如何在满足温饱的基础上摄入更好的营养是人们越来越重视的问题。果蔬营养丰富、价值较高, 是人们获取各种营养元素的来源之一, 因此成为人们生活中不可缺少的一部分。虽然我国果蔬产量很高, 但果蔬的生产具有较强的季节性、地域性, 且采收后果蔬仍然是一个生命体, 时刻在进行呼吸作用, 从而导致果蔬营养被消耗, 易腐烂变质, 再加上果蔬在采摘、运输、仓储过程会受到各种伤害(如机械损伤导致细菌大量繁殖等), 使果蔬耐储性能严重下降, 损耗率急剧上升。据有关数据统计, 我国因运输、储存等原因导致果蔬损耗率普遍在30%以上, 而发达国家则低于7%^[1], 因此研究高质量的果蔬贮藏保鲜技术势在必行。

1 影响果蔬保鲜的因素

果蔬在采摘后仍然是生命体, 进行着呼吸作用和新陈代谢作用, 其中呼吸过程中主要有有氧呼吸和无氧呼吸。果蔬在呼吸过程中会产生CO₂、热量以及其他气体, 这会导致在储存期间其外观发生变化(如失水、萎焉、软化、变色), 营养逐渐流失, 腐败变质等, 以至于最终失去其食用价值, 造成浪费和损失。造成这些现象的生理活动除了果蔬自身的因素外还与果蔬的保鲜有着密切的联系, 如采摘和储藏时的相对湿度、温度、气体成分等, 这些都能够造成果蔬价值的降低。

1) 温度。温度是直接影响果蔬仓储质量的重要

收稿日期: 2017-06-21

作者简介: 刘伟(1983—), 男, 黑龙江八一农垦大学讲师, 主要研究方向为食品包装与安全。

因素之一,它的高低直接影响着果蔬自身的物理、生化及诱变反应。低温能够抑制果蔬的呼吸作用和代谢过程,进而减缓果蔬的衰败程度。果蔬品种不同,其最佳贮藏温度也存在很大差异,但都要注意避免冷伤害。大宗果蔬仓储过程中,在避免发生冷伤害或冻害的前提下,采用低温储藏能够很大程度地延长商品的货架期。高温则能够通过影响蛋白质合成、组织软化、叶绿素损失、呼吸和乙烯的生成等来延长果蔬的保质期,通常采用以热水、水蒸气、热空气作为传热介质的加热处理技术,但高温同时也可导致果蔬表面被灼伤以及加剧呼吸活动,加快果蔬腐败变质。

2) 相对湿度。果蔬采摘后,水分不再由母体或土壤中供给,这时果蔬中水分的损失会引起其结构、质地和表面的变化,因此要想保持果蔬的新鲜度和质量必须减少水分损失。提高果蔬周围环境中的相对湿度能够有效地减少采后果蔬水分的损失,但易导致果蔬仓储环境中微生物的大量繁殖;反之降低相对湿度则果蔬水分损失较快,而微生物繁殖可受到抑制。

3) 气体成分。果蔬所处的外界环境,尤其是气体组成直接影响着细胞的代谢反应,其中氧气含量的高低决定着果蔬是进行有氧呼吸还是无氧呼吸,从而直接影响果蔬仓储时间的长短,如草莓在较高浓度的二氧化碳环境下也不会进行无氧呼吸。另外,果蔬自身产生的气体也对仓储时间有着较大的影响,如成熟度较小的果蔬在仓储的过程中会逐渐释放乙烯以便于果蔬后熟过程的进行,而少量的乙烯能够起到催熟的作用,使果蔬正常进行后熟;如果乙烯气体持续累积,则会导致果蔬后熟过程加快,反而更易导致果蔬腐烂变质。

综上所述,果蔬在仓储过程中,需要正确处理好温度、相对湿度、气体成分等因素的影响,使这些因素之间能够相互配合来延长果蔬的储藏时间,从而获得更大的经济价值。

2 国内外果蔬保鲜技术研究的现状与进展

现阶段,伴随着各项科学技术的进步,国际上对于果蔬保鲜技术的研究已经从传统的物理、化学、材料等领域向新型材料、生物技术、遗传学、基因工程等诸多领域发展,多学科交叉的保鲜技术更是研究重点,即由过去的单一保鲜技术向综合保鲜技术方向发展^[2]。安全、无毒无害、有效的果蔬保鲜技术的综合应用将是国际保鲜技术的流行趋势,也是人们日常生活安全、饮食健康的有力保障。

2.1 低温保鲜

低温保鲜是目前保鲜仓储中常采用的一种方法,低温可以有效地抑制果蔬的呼吸强度以及微生物的生长繁殖,减缓果蔬的后熟过程,延长其储存期,但

应注意控制储存温度高于果蔬临界冰害点温度,否则会出现冷伤害现象,如果肉褐变、非正常成熟等。目前,在果蔬低温贮藏保鲜研究方面,研究较多的是果蔬低温冷伤害及其机理探讨。冷伤害程度决定于果蔬的成熟度及其类型,如 Geysen^[3]、段振华等^[4]研究了温度对生菜、水蜜桃保鲜的影响,从而得出低温可有效延长果蔬的保鲜效果。同时低温易造成冷伤害,如张敏等^[5]从内、外因方面阐述了低温对贮藏果蔬产生冷害的机理及症状,并提出了防止和减轻冷伤害的措施。CTHH(临界低温高湿保鲜技术)则能够更好地对果蔬进行保鲜储藏^[6],CTHH是指能够在不发生冷伤害的前提下,尽可能控制果蔬的呼吸强度,减少果蔬质量损失和腐烂率,是一种较为理想的保鲜手段,其与其他保鲜方式相结合的研究也是今后果蔬保鲜研究的重点。

2.2 结构化水保鲜

目前有些学者采用结构化水技术进行果蔬保鲜,利用非极性分子结合果蔬细胞内游离水从而提升细胞中的溶液粘度,进而影响果蔬生理活动,使其酶促反应减慢,实现果蔬生理活动降低,达到延缓果蔬品质下降的目的^[6]。如 Zhang 等^[7]在芦笋保鲜试验中采用混合气体(氩气、氙气)进行保鲜的方式不仅取得了较好的保鲜效果,而且降低了成本。

2.3 气调保鲜包装技术

气调保鲜包装技术是目前国内外广泛使用的果蔬保鲜技术,即通过不同方式(硅窗、微孔膜等)改变果蔬密封小包装中的气体比例,从而抑制果蔬呼吸强度,控制其生理代谢活动,延长其保鲜期^[8]。果蔬品种不同,方式不相同,气体比例也不同。

由于气调保鲜包装技术主要通过改变果蔬所处环境来控制其呼吸速率,能够有效保持其在储藏过程中的质量,因而对果蔬伤害较小,近年来受到广泛欢迎。研究者通过改变包装内的气体成分,以及采用不同气体透过率的包装材料来改变果蔬包装内的气体环境,最大限度地保留果蔬的营养价值,减少果蔬在仓储过程中的损耗,如大量学者对苹果^[9]、草莓^[10-11]、茶树菇^[12]、凯特杏^[13]等果蔬的研究表明,气调保鲜包装技术能够在很大程度上保持果蔬的质量,控制果蔬的呼吸速率,达到延长果蔬保质期的目的。

2.4 臭氧气调保鲜

臭氧具有较强的氧化能力,能够杀菌消毒,降解果蔬在储藏过程中产生的如乙烯、乙醇等有害气体,减少对果蔬的伤害,延缓其腐败速率。臭氧无毒,能够自我分解,不会污染环境和内装物。臭氧气调保鲜是近年来国内外颇受重视的保鲜新技术之一,如 Barth 等^[14]将草莓贮存在 2℃,1 L 气体中含臭氧 0.3

μL 的贮藏环境中,可使草莓的表面颜色保持 12 d 以上。高德等^[15]采用臭氧保鲜结合包装技术与方法,在常温下将苹果、西红柿、豆角的保鲜期延长了至少 2 周以上。

臭氧常温常压下可分解为氧气,不会对环境造成危害,但臭氧在分解过程中氧化性较强,因此果蔬进行臭氧处理时需控制好其浓度和处理时间,以免臭氧引起果蔬表面质膜损害,导致果蔬加速腐烂变质。

2.5 低剂量辐射保鲜

辐射保鲜主要利用 X 射线、 γ 射线等高能射线对果蔬进行处理,达到灭虫灭菌、抑制果蔬储藏过程中生理活动,以此延长果蔬货架期^[2]。目前果蔬产品多采用半衰期较为适中,穿透力较强的 γ 射线来以及 ^{60}Co 进行辐射保鲜处理。为避免果蔬由于辐射失水受到伤害,一般常采用辐射剂量小于 3 kJ/kg 来处理新鲜果蔬,如采用 0.05 ~ 0.15 kJ/kg 剂量来辐射蔬菜进行保鲜^[16]。猕猴桃经过 0.5 kJ/kg 的电子束辐照处理结合低温贮藏,保鲜期由原来的 30 d 延长至 80 d,同时腐烂率降低^[17]。

2.6 涂膜保鲜

多汁的果蔬一般采用涂膜保鲜法来进行贮藏,如苹果、芦笋等。涂膜技术是采用浸渍、涂刷、喷洒等方法,使成膜物质在果蔬表面形成一层半透膜,起到阻止水分散失、降低细菌侵染和保护果蔬的目的^[18]。目前可食性涂膜以其安全、无污染的特性得到了国内外专家的关注,被认为是今后涂膜保鲜技术的发展方向^[2]。如 Fuchs 等^[19]采用不同的涂膜方式处理芦笋,最后得出壳聚糖-蜂蜡明显能够抑制芦笋的质量损失以及臭味发散;陈安和^[20]等的研究得出了壳聚糖涂膜法可有效控制草莓的超氧化物歧化酶活力以及维生素 C 含量的下降;邱朝坤等^[21]研究溶菌酶、壳聚糖、氯化钙对草莓的涂膜保鲜效果,得到溶菌酶涂膜保鲜技术能有效延长草莓的货架期。

2.7 微孔膜包装保鲜

微孔膜是采用无机填料、拉伸技术或穿孔技术等,在普通薄膜上打制出规定大小和规定数量的微孔或小孔所形成的新型薄膜。对微孔膜的研究始于 20 世纪 60 年代初,微孔膜具有优良的透气性能,可利用孔径大小或数量多少来调节膜的透气速率,具有较好的透湿防水性能,且成本低廉易于操作。微孔膜保鲜技术的发展为易腐烂、高呼吸速率的果蔬保鲜提供了新的研究思路。如 Sanz^[22-23]等研究了微孔聚丙烯膜对草莓质量的影响,得出效果最佳的孔径和数量;Li^[24]研究了不同面积的硅窗对气调包装(MAP)茶树菇质量的影响,得出效果最好的 MAP 的硅窗面积为 1.0 cm^2 ;胡红艳等^[25-26]研究得出微孔膜孔径可显著

影响包装内气氛。

2.8 防腐剂保鲜

防腐剂保鲜技术能够有效抑制果蔬在储藏过程中产生的有害气体以及细菌繁殖造成的腐烂,降低损耗率。常见的防腐剂可分为天然防腐剂、生物防腐剂以及化学合成防腐剂^[27]。

天然防腐剂具有毒性较小、相对安全、高效等优点,目前被广泛应用于涂膜保鲜中,原料主要有茶多酚、各种提取物、植酸、壳聚糖等^[28]。如英国的森柏保鲜剂,主要由植物油和糖组成,在进行果蔬保鲜时可有效抑制果蔬的呼吸,防止水分蒸发,是无毒、无味、无副作用的可食性果蔬保鲜剂^[29]。

生物防腐保鲜剂主要是利用生物制剂达到降低果蔬病害和腐烂率的目的,其具有无污染、无残留、费用低等特点。如草莓采前喷布木霉菌,能明显降低草莓灰霉病的发病率等^[29]。

化学合成防腐剂是应用最早的防腐剂,由人工合成,以苯甲酸钠、二氧化硫、山梨酸钾、1-MCP 等为典型代表^[27-28],其中 1-MCP 是近年来的研究热点,它是一种乙烯抑制剂,无毒、无味,能够阻止乙烯与受体结合,从而延缓果蔬的后熟过程。化学合成防腐剂虽然保鲜效果较好,但在使用时仍需慎重使用,否则易导致人体中毒,甚至死亡^[27-28]。

2.9 热处理保鲜

热处理保鲜法是近几年来被广泛研究的一种果蔬保鲜的物理方法,能够有效地控制果蔬采后产生的病虫害,减缓冷伤害的发生,从而达到延长仓储时间的目的。由于该技术具有无残留、无污染、简单、方便、安全等特点,被大规模使用^[30]。由于热处理进程快,且对果蔬伤害较低,所以果蔬生化指标变化较小,但保鲜的关键在于果蔬能够承受的处理温度和时间,否则极易造成对果蔬的二次伤害。有学者对香蕉、草莓、甜瓜、哈密瓜等果蔬^[31-34]进行热处理,获得了较为理想的效果。

2.10 综合保鲜技术

针对果蔬储藏保鲜技术研究,虽然单一保鲜技术已获得了较好的应用,并取得了一定的成绩,但仍存在一些不足,不能满足果蔬产品长时间仓储、远距离输送以及反季节销售的需要。如臭氧保鲜包装在初始阶段效果较好,随着臭氧浓度的降低,后期效果不再理想,而涂膜保鲜存在着涂膜一旦吸水或吸潮之后性能不再稳定,难以保持长久性等缺陷,这在一定程度上影响了对产品的保鲜效果。如何更好地对果蔬进行保鲜处理,使之延长保质期是研究者们今后需长期努力的目标,目前国内外学者开始将目光投向综合气调保鲜包装。如 Rocculi 等^[35]采用 MAP 结合钙盐预处

理来延长猕猴桃的保质期; Oms-Oliu 等^[36]采用质量分数为 1% 的抗坏血酸维 C 和 0.5% 的 CaCl_2 以及 MAP 来延长鲜切瓜的货架期; 国内学者肖功年等^[37]利用 MAP 结合臭氧预处理, 并采用可食性膜进行涂膜, 使草莓货架期延长至 8~10 d; 高德等^[15]采用臭氧处理结合 PE 膜包装的方式对果蔬进行保鲜, 使其在常温下可保存 2 周以上; 刘燕等^[38]采用综合保鲜技术对香菇、百合进行保鲜, 得出臭氧、涂膜和 MAP 相结合的保鲜方式能够获得较好的保鲜效果, 且其效果要优于单一的保鲜技术。另外刘伟^[39]、邱朝坤^[21]、周慧娟^[17]、陈俊等^[40]也进行了综合保鲜技术与单一保鲜技术效果的对比, 研究结果表明综合保鲜技术能够有效地延长果蔬保质期, 效果优于单一保鲜技术。

3 结语

目前虽然各种保鲜包装技术在果蔬保鲜方面都已取得了一定的成果, 除了文中所述的保鲜方法外还有其他一些保鲜技术, 如基因工程保鲜、纳米保鲜等, 但由于果蔬在采摘后仍进行呼吸作用和新陈代谢, 生理过程复杂, 所以单一保鲜技术或多或少都存在一些缺陷, 远远不能满足人们对果蔬保鲜质量、安全、营养的要求。如何更好地利用多种处理工艺相结合的综合保鲜技术对果蔬进行保鲜将成为今后果蔬保鲜技术的发展方向, 如将果蔬进行低剂量辐射处理后进行气调包装置于低温环境下储藏, 或将果蔬进行涂膜处理置于低温环境下储藏并定时杀菌等综合保鲜技术。如何能够最大限度地减少果蔬采摘后的损失, 保持果蔬产品的保鲜效果, 延长果蔬产品的仓储时间, 满足消费者对果蔬安全、营养、新鲜、口感、色泽、风味等方面的要求, 减少果蔬在仓储过程中的损耗, 是今后需要深入研究的方向。

参考文献:

- [1] 朱宏莉, 杨彬彬, 张秀齐, 等. 果蔬保鲜加工现状及发展浅析[J]. 食品科学, 2006, 27(10): 596—600.
ZHU Hong-li, YANG Bin-bin, ZHANG Xiu-qi, et al. The Present Situation and Development of Fresh Maintaining and Processing Technology of Fruit and Vegetable[J]. Food Science, 2006, 27(10): 596—600.
- [2] 励建荣, 朱丹实. 果蔬保鲜新技术研究进展[J]. 食品与生物技术学报, 2012, 31(4): 337—347.
LI Jian-rong, ZHU Dan-shi. Research Progress of New Postharvest Technology on Fruits and Vegetables[J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2012, 31(4): 337—347.
- [3] GEYSEN S, ESCALONA H V. Modelling the Effect of Super-atmospheric Oxygen and Carbon Dioxide Concentrations on the Respiration of Fresh-cut Butter Head Lettuce[J]. Journal of the Science of Food & Agriculture, 2007, 87(2): 218—226.
- [4] 段振华, 张慙. 温度对水蜜桃保鲜的影响研究[J]. 冷饮与速冻食品工业, 2003, 9(3): 41—44.
DUAN Zhen-hua, ZHANG Min. Effect of Temperature on the Storage of Fresh Peach Fruit[J]. Beverage & Fast Frozen Food Industry, 2003, 9(3): 41—44.
- [5] 张敏, 解越. 采后果蔬低温贮藏冷害研究进展[J]. 食品与生物技术学报, 2016, 35(1): 1—11.
ZHANG Min, XIE Yue. Research Progress of Chilling Injury on PostHarvest Fruits and Vegetables Stored at Low Temperature[J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2016, 35(1): 1—11.
- [6] 张慙, 范柳萍, 王秀伟. 国内外水果保鲜技术发展状况及趋势分析[J]. 保鲜与加工, 2003, 14(1): 3—6.
ZHANG Min, FAN Liu-ping, WANG Xiu-wei. Developmental Status and Trends of Fruit Preservation in the World[J]. Storage & Process, 2003, 14(1): 3—6.
- [7] ZHANG Min, ZHAN Zhong-gang, WANG Shao-jin, et al. Extending Shelf-life of Asparagus Spears by Pressured Mixed Gases of Argon and Xenon[J]. LWT-Food Science and Technology, 2008(1): 686—691.
- [8] 崔立华, 黄俊彦. 气调保鲜包装技术在食品包装中的应用[J]. 食品与发酵工业, 2007, 33(6): 100—103.
CUI Li-hua, HUANG Jun-yan. Applications of Modified Atmosphere Packaging in Food[J]. Food and Fermentation Industries, 2007, 33(6): 100—103.
- [9] SMITH M S, GEESON D J, BROWNE K M, et al. Modified-atmosphere Retail Packaging of Discovery Apples[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1987, 40(2): 165—178.
- [10] 周翠英, 周建俭, 袁卫明, 等. 高氧气调包装在草莓保鲜中的应用研究[J]. 食品工业, 2011(12): 53—55.
ZHOU Cui-ying, ZHOU Jian-jian, YUAN Wei-ming, et al. Research of Application High Oxygen MAP in Preservation of Strawberry[J]. The Food Industry, 2011(12): 53—55.
- [11] 杜小琴, 李玉, 秦文, 等. 气调贮藏对甜樱桃果实采后生理生化变化的影响[J]. 食品工业科技, 2015, 36(12): 314—318.
DU Xiao-qin, LI Yu, QIN Wen, et al. Effect of Controlled Atmosphere Storage on Postharvest Physiological and Biochemical Change of Sweet Cherry [J]. Science and Technology of Food Industry, 2015, 36(12): 314—318.
- [12] 李铁华, 张慙. 硅窗气调保鲜贮藏茶薪菇的化学及生理变化研究[J]. 食品科学, 2009, 30(6): 255—259.
LI Tie-hua, ZHANG Min. Chemical and Physiological Changes of Agrocybe Chaxingu Huang during Controlled Atmosphere Storage with Silicon Gum Film Window[J]. Food Science, 2009, 30(6): 255—259.
- [13] 赵迎丽, 王春生, 闫根柱, 等. 气调对凯特杏冷藏及货架后品质及色泽的影响[J]. 山西农业科学, 2015, 43(2): 192—195.

- ZHAO Ying-li, WANG Chun-sheng, YAN Gen-zhu, et al. Effect of Controlled Atmosphere on the Postharvest Fruit Storage Quality and Fruit Color of Katy Apricot[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2015, 43(2): 192—195.
- [14] BARTH M M, ZHOU G. Ozone Storage Effect on Anthocyanin Content and Fungal Growth in Blackberries[J]. Journal of Food Science, 1995(6): 1286—1290.
- [15] 高德, 徐晓娟, 毛迪锐. 臭氧果蔬保鲜包装技术的研究[J]. 包装工程, 2004, 25(4): 138—141.
GAO De, XU Xiao-juan, MAO Di-rui. The Research of the Packaging Technology of the Ozone Fruits and Vegetable Storage[J]. Packaging Engineering, 2004, 25(4): 138—141.
- [16] 王良玉, 郑朕, 熊波, 等. 几种新型食品保鲜技术的研究进展[J]. 农产品加工·学刊, 2011(7): 134—140.
WANG Liang-yu, ZHENG Zhen, XIONG Bo, et al. Research Progress of Several New Kinds of Food Preservation Technology[J]. Academic Periodical of Farm Products Processing, 2011(7): 134—140.
- [17] 周慧娟, 叶正文, 施春晖, 等. 高能电子辐照对猕猴桃保鲜效果的影响[J]. 中国农学通报, 2015, 31(25): 133—138.
ZHOU Hui-juan, YE Zheng-wen, SHI Chun-hui, et al. Effect of Electron Beam on Fresh-keeping Quality of Kiwifruit[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2015, 31(25): 133—138.
- [18] 张赟彬, 江娟. 可食膜的研究进展[J]. 中国食品添加剂, 2011(1): 191—198.
ZHANG Yun-bin, JIANG Juan. Research Progress of Edible Films[J]. China Food Additives, 2011(1): 191—198.
- [19] FUCHS S J, MATTINSON D S, FELLMAN J K. Effect of Edible Coatings on Post-harvest Quality of Fresh Green Asparagus[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2008(2): 951—971.
- [20] 陈安和, 孙敏, 李培坤. 几丁质对草莓的保鲜作用研究[J]. 西北农业大学学报, 1994, 16(4): 333—335.
CHEN An-he, SUN Min, LI Pei-kun. Study on Preservative Effect of Chitin on Strawberry[J]. Journal of Southwest Agricultural University, 1994, 16(4): 333—335.
- [21] 邱朝坤, 吴选, 刘烜伊, 等. 溶菌酶在草莓涂膜保鲜中的应用研究[J]. 中国食品添加剂, 2014(3): 178—182.
QIU Chao-kun, WU Xuan, LIU Xuan-yi, et al. Study on Application of Lysozyme Coating Preservation of Strawberry[J]. China Food Additives, 2014(3): 178—182.
- [22] SANZ C, PEREZ A G, OLIAS R, et al. Quality of Strawberries Packed with Perforated Polypropylene[J]. Journal of Food Science, 1999, 64(4): 748—752.
- [23] SANZ C, OLIAS R, REREZ A G. Quality Assessment of Strawberries Packed with Perforated Polypropylene Pun Nets during Cold Storage[J]. Food Science and Technology International, 2002, 8(2): 65—75.
- [24] LI Tie-hua, ZHANG Min. Effects of Modified Atmosphere Packaging with Various Sizes of Silicon Gum Film Window on the Storage of Agropybe Chaxingu Huang and the Modelling of its Respiration Rate[J]. Packaging Technology and Science, 2008(1): 13—23.
- [25] 胡红艳, 卢立新, 韩正宏. 微孔膜包装内外气体交换的理论研究[J]. 包装工程, 2006, 27(6): 6—8.
HU Hong-yan, LU Li-xin, HAN Zheng-hong. Research on the Gas Exchange in Micro-perforated Packages[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(6): 6—8.
- [26] 胡红艳, 卢立新. 微孔膜水果气调包装设计方法研究[J]. 包装工程, 2008, 29(10): 171—173.
HU Hong-yan, LU Li-xin. Design of Modified-atmosphere Package with Micro-hole Film for Fruits and Vegetables[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(10): 171—173.
- [27] 张魁, 刘倩. 国内外果蔬保鲜技术及其发展趋势[J]. 食品与生物技术学报, 2014, 33(8): 785—792.
ZHANG Min, LIU Qian. Study on Present Situation and Development Trends of Fruit & Vegetable Preservation in the World[J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2014, 33(8): 785—792.
- [28] 崔欣悦, 任虹, 安磊. 植物源保鲜剂的研究进展[J]. 中国调味品, 2000(3): 36—37.
CUI Xin-yue, REN Hong, AN Lei. Research Progress of Botanical Natural Food Preservatives[J]. China Condiment, 2000(3): 36—37.
- [29] 刘伟. 草莓、水蜜桃综合保鲜包装工程化技术[D]. 无锡: 江南大学, 2011.
LIU Wei. Research on Comprehensive Preservation Packaging Technology of Strawberry and Honey Peach[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2011.
- [30] 陈爱平, 史辉, 王莉, 等. 热处理与贮藏温度对草莓果实储存期和品质的影响[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2010, 32(8): 48—52.
CHEN Ai-ping, SHI Hui, WANG Li, et al. Effects of Heat Treatment and Storage Temperature on the Storage Life and Quality of Strawberry[J]. Journal of Southwest University(Natural Science Edition), 2010, 32(8): 48—52.
- [31] 陈丽, 朱世江, 朱虹, 等. 热水处理减轻采后香蕉病害的效果及其机理探讨[J]. 农业工程学报, 2006, 22(8): 224—229.
CHEN Li, ZHU Shi-jiang, ZHU Hong, et al. Efficacy and Mechanism of Hot Water Treatment on Relieving Postharvest Diseases of Banana[J]. Transactions of the CSAE, 2006, 22(8): 224—229.
- [32] 刘伟, 刘海军, 胡亚光, 等. 热空气处理对草莓保鲜效果的影响[J]. 包装工程, 2013, 34(21): 35—38.
LIU Wei, LIU Hai-jun, HU Ya-guang, et al. Effect of Hot Air Treatment on Preservation Strawberry[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(21): 35—38.
- [33] 王会松, 庞广昌, 刘婷婷. 热处理对甜瓜的蔗糖和乳

- 酸代谢网络通量的影响[J]. 食品工业科技, 2016, 37(6): 314—319.
- WANG Hui-song, PANG Guang-chang, LIU Ting-ting. Effects of Heat Treatment on Melon in Sugar and Lactate Metabolic Network Flux[J]. Science and Technology of Food Industry, 2016, 37(6): 314—319.
- [34] 王静, 茅林春, 李学文, 等. 热处理降低哈密瓜果实活性氧代谢减轻冷害[J]. 农业工程学报, 2016, 32(2): 280—286.
- WANG Jing, MAO Lin-chun, LI Xun-wen, et al. Reduction of Active Oxygen Metabolism and Mitigation of Chilling Injury in Hami Melon Fruit as Influenced by Postharvest Hot Water Treatment[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2016, 32(2): 280—286.
- [35] ROCCULI P, ROMANI S, ROSA M D. Effect of MAP with Argon and Nitrous Oxide on Quality Maintenance of Minimally Processed Kiwifruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 2005(5): 319—328.
- [36] OMS-OLIU G, SOLIVA-FORTUNY R, MARTIN-BELLOSO O. Effect of Ripeness on the Shelf-life of Fresh-cut Melon Preserved by Modified Atmosphere Packaging[J]. European Food Research & Technology, 2007, 225(4): 301—311.
- [37] ZHANG Min, XIAO Gong-nian, SALOKHE V M. Preservation of Strawberries by Modified Atmosphere Packages with Other Treatments[J]. Packaging Technology & Science, 2006, 19(4): 183—191.
- [38] 刘燕. 典型果蔬的综合保鲜包装技术研究[D]. 无锡: 江南大学, 2008.
- LIU Yan. Research on Comprehensive Fresh Packing of Typical Fruits and Vegetables[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2008.
- [39] 刘伟, 卢立新, 李大鹏. 综合保鲜处理对草莓保鲜效果的影响[J]. 包装工程, 2011, 32(1): 18—21.
- LIU Wei, LU Li-xin, LI Da-peng. Effect of Comprehensive Preservation Treatment on Strawberry[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(1): 18—21.
- [40] 陈俊, 王丹, 陈文学. 益智仁提取物在芒果保鲜中的应用研究[J]. 食品科技, 2015, 40(4): 309—314.
- CHEN Jun, WANG Dan, CHEN Wen-xue. Application on Alpinia Oxyphylla Extraction as Food Preservative on Mango[J]. Food Science and Technology, 2015, 40(4): 309—314.