

研究进展

## 草莓贮存保鲜技术的研究进展

刘菲<sup>1</sup>, 张伟<sup>2</sup>

(1. 西安工程大学, 西安 710048; 2. 西安理工大学, 西安 710048)

**摘要:**目的 保鲜技术一直是延长草莓货架寿命、提高贮存时间的有效方法,总结当前先进保鲜方法,为研究学者提供研究方向和技术改进措施。**方法** 文中主要在分析草莓如何快速腐烂变质原因的基础上,阐述目前国内外学者对于草莓贮存保鲜的先进技术方法和进展,介绍了气调、热处理、可食涂膜、瓦楞纸箱涂膜、辐照等保鲜技术的原理、特点、实现过程以及技术效果,对草莓保鲜技术的未来发展方向做出了展望。**结论** 目前保鲜技术可将草莓的货架寿命延长至20 d以上,研究成果推动了草莓种植业的发展,提高了草莓的经济价值,并提升了我国对于草莓保鲜技术的研究水平。

**关键词:** 草莓贮藏; 保鲜技术; 发展方向

中图分类号: S668.4; TS255.3 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2016)05-0103-07

## Research Progress in Strawberry Storage Preservation Technology

LIU Fei<sup>1</sup>, ZHANG Wei<sup>2</sup>

(1. Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China; 2. Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

**ABSTRACT:** Preservation technologies are effective methods for prolonging shelf life and elevating preservation times of strawberries. The summarization of current advanced preservation technologies will give researchers directions and improvement approaches. Based on the analysis of the reason why strawberries decay so quickly, this article elaborated the advanced preservation technologies of strawberries published by international and domestic researchers, and introduced the principles, characteristics, processes, effects of the preservation technologies including controlled and modified atmosphere technology, heat treatment technology, edible films technology, corrugated carton coating technology, irradiation technology. This article prospected the future development direction of strawberries preservation technology. The current strawberry preservation technology can prolong the shelf life of strawberry to more than 20 days. The research results promoted the development of strawberry planting industry, enhanced the economic value of strawberries, and improved the research level of strawberry preservation technology in China.

**KEY WORDS:** strawberries storage; preservation technologies; development direction

草莓为蔷薇科,属多年生草本,口感甘甜略酸,富含各种维生素、矿物质、糖类、氨基酸、柠檬酸以及胡萝卜素,是一种食用极佳的水果<sup>[1]</sup>,但是草莓果皮极薄、含水量高、果肉柔软,在物流过程中,极易受到机械损伤和微生物的侵染而导致腐烂变质。在常温下,草莓放置1 d就会开始变色、变味,最终无法食用。

影响草莓贮存期的主要因素有<sup>[2-3]</sup>:微生物,主要

由细菌和真菌侵染草莓,导致腐败变质;温度,温度是决定性因素,在高温环境下,一方面会加速果实呼吸生理代谢过程,促进衰老进程,另一方面促使微生物生长繁殖,加速腐烂进程;湿度,新鲜的草莓含水量高达90%以上,在低湿度环境下,会失去水分,从而破坏草莓正常呼吸,导致酶活性增加,促进代谢过程趋向水解,加速草莓衰老;环境体组分。

收稿日期: 2015-08-07

基金项目: 西安市科技局科技计划(NC08018)

作者简介: 刘菲(1987—),女,西安人,硕士,西安工程大学助教,主要研究方向为包装工艺、材料分析检测。

市场上销售草莓的贮存现状有,裸放售卖外力碰撞加速草莓变质,消费者购买草莓后,存放时间很短;超市售卖草莓有硬质包装容器保护,并冷藏贮存,仅延长草莓食用寿命至2 d左右。因此,使用合理保鲜技术至关重要,不仅能够延长草莓品质,而且可以提升经济价值。文中总结当前国内外对提高草莓贮藏保鲜期的先进技术方法,重点介绍气调、热处理、可食涂膜、瓦楞纸箱涂膜、辐照技术的原理、特点、实现过程、技术效果等,并对保鲜技术今后发展趋势做出展望。

## 1 目前国内外草莓贮存保鲜技术

草莓是一个活体,采摘后仍然进行旺盛的生命活动,并且依靠自身营养和水分维持生命进程,采用草莓贮存保鲜技术的基本原理就是降低呼吸强度、抑制代谢过程、延缓衰老、减少营养物质消耗、避免微生物侵染和繁殖。

### 1.1 气调保鲜技术

气调保鲜技术在国内外应用较早,包括CAP(可控气调包装)和MAP(调节气调包装)。CAP指通过人为放置气体吸收剂或使用机械设备改变果蔬包装密闭容器内的气体成分,降低果蔬呼吸强度,抑制微生物繁殖。CAP原理是调节 $O_2$ 和 $CO_2$ 浓度比值达到保鲜效果,如肖功年等<sup>[4]</sup>使用LDPE/PVC复合膜进行草莓包装,调节容器内气体成分, $O_2$ 和 $CO_2$ 的体积分数分别为2.5%和16%,在6℃下贮存期可至4~6 d。高 $O_2$ 能够抑制果实有机酸和可溶性固形物的下降,降低草莓的腐烂率,周翠英等<sup>[5]</sup>使用LDPE/PVC复合保鲜盒控制气体成分, $O_2$ 和 $CO_2$ 的体积分数分别为30%和6%,能使草莓的货架期在 $(2 \pm 1)$ ℃下延长至10~15 d。侯玉茹等<sup>[6]</sup>人改变移动式气调保鲜箱气体成分( $CO_2$ :5,10,15,20%),结果表明 $CO_2$ 的体积分数为5%和10%的保鲜箱贮存草莓,能够抑制花青素分解,延长贮存期至16 d以上。Serrano等<sup>[7]</sup>向PP密闭容器内充入低 $O_2$ 、超 $O_2$ 浓度气体成分,4℃下延长草莓保鲜期至21 d。董婧等<sup>[8]</sup>将草莓放置在厚20 μm的PE薄膜袋中( $O_2$ (60%)+ $CO_2$ (1.5%), $(5 \pm 1)$ ℃),延长草莓贮存期至22 d。

MAP指由于果蔬呼吸及塑料薄膜的气体选择性透过作用,使包装内气体成分自动调节到可抑制果蔬呼吸的最佳状态。确定合适的气体选择透过性塑料薄膜是MAP的技术关键,高欣等<sup>[9]</sup>发现LDPE薄膜透气率高,在4℃下草莓好果率最高,使较多研究学者在

LDPE薄膜改性的基础上,进行了大量草莓的MAP研究。郭玉花等<sup>[10]</sup>将草莓放置在纳米活性分子筛改性LDPE薄膜内,保鲜期延长2 d,结合保鲜柜贮存可达13 d以上。罗自生等<sup>[11]</sup>制备纳米 $TiO_2$ 改性LDPE薄膜,草莓在4℃下贮存至14 d,由于纳米 $TiO_2$ 光催化乙烯特性,减少乙烯释放量,使改性LDPE薄膜包装中草莓的腐烂指数和乙烯释放量分别比采用普通LDPE薄膜低60.72%和10.73%。汪兴等<sup>[12]</sup>采用丁苯橡胶(SBS)改性LDPE薄膜贮存草莓(温度5℃,相对湿度70%),在第20天时,烂果率仅为10%左右。

此外,MAP和CAP的结合技术用于草莓保鲜也有大量研究报道,Aday等<sup>[13]</sup>在PLA密闭容器内放置氧气吸收剂明显抑制草莓的呼吸强度。Kartal等<sup>[14]</sup>在微孔BOPP容器内放置氧气吸收剂,在4℃下延长草莓贮存期至28 d以上。姜艳茹等<sup>[15-16]</sup>采用分子筛改性LDPE薄膜,并添加乙烯吸附药包,在 $(5 \pm 1)$ ℃延长草莓贮存期至11 d,添加分子筛乙烯吸附剂能使草莓贮藏期延长至13 d。

### 1.2 热处理保鲜技术

热处理保鲜技术<sup>[17-18]</sup>是指在贮存前将果实置于热水、热空气、热蒸汽等环境中处理一定时间,可有效抑制生理病害、减缓冷害、钝化某些与衰老有关的酶活性,操作安全简单,是广泛研究的一种物理保鲜技术。刘伟等<sup>[19]</sup>采用不同热空气(30,40,50℃)和不同时间(15,30,45 min)热处理草莓后2℃冷藏,能够降低腐烂指数,保持草莓硬度和VC含量,对草莓起到一定的保鲜作用。I. Lara等<sup>[20]</sup>用热水处理(40℃,15 min)草莓,在3℃贮存10天后发现其外观被破坏,而热空气处理(40,45,50℃;30,60,75 min)后抑制了草莓微生物生长并保持良好的外观。Dotto等<sup>[21]</sup>将成熟率为50%~75%的草莓采摘后用45℃热空气处理3 h,在20℃贮存24 h后草莓仍然保持了良好的硬度。张桂等<sup>[22]</sup>采用热水处理(50℃,30 min)结合低温冷藏技术(0℃),延长草莓贮存期至20 d。此技术虽然保鲜效果良好,但草莓要经过短时间高温处理,外观和口感略有下降。

### 1.3 可食涂膜保鲜技术

可食涂膜技术是以天然可食性物质为原料,添加可食性助剂,通过不同分子间相互作用,以浸渍、涂抹或喷涂等方法涂布于果蔬表面,固化形成一层光亮半透性薄膜。机理是封闭草莓表面微孔,形成密封环境,降低草莓呼吸强度,抑制水分蒸发,并与外界环境

分隔,减少草莓对环境中氧气的吸收和营养物质的消耗,防止微生物侵入<sup>[23-24]</sup>。涂膜用原料主要包括壳聚糖、植物精油、天然植物蛋白和中草药等。

壳聚糖具有良好的生物相容性、无毒、抗菌性好,可自行成膜,在草莓保鲜上受到广泛应用。草莓切片后会加速变质,Campaniello等<sup>[25]</sup>为验证壳聚糖保鲜性能,将切片后草莓浸泡在低相对分子质量脱乙酰度为75%~85%的壳聚糖/柠檬酸的混合溶液中5 min,成膜后装入密封袋内贮存(4, 8, 12, 15 °C),研究发现其有效抑制了微生物生长。张芸等<sup>[26]</sup>使用壳聚糖/普鲁兰多糖/明胶混合液涂覆草莓后用PE包装,草莓贮存天数可至6 d。K.D.Vu等<sup>[27]</sup>将壳聚糖/柠檬精油或壳聚糖/薄荷油/乳化剂混合液喷洒草莓表面贮存在4 °C下,对比后发现壳聚糖/柠檬精油的食用膜有效延长了草莓的贮存期。图1为使用食用膜和未使用食用膜的草莓在贮存期内形貌照片,在贮存期为16天时,草莓的外观基本未发生变化,21天时,草莓表面仅有点状面积发生变质。黄爱宾等<sup>[28]</sup>制备20%壳聚糖/PVA共混液涂覆草莓表面,第10天开始草莓出现发霉现象。Neeta等<sup>[29]</sup>以羧甲基纤维素食用膜、羧丙基甲基纤维素食用膜、羧甲基纤维素/壳聚糖食用膜、羧丙基甲基纤维素/壳聚糖食用膜进行对比试验,发现添加壳聚糖的食用膜延长了草莓贮存期。艾青等<sup>[30]</sup>研究了壳聚糖/明胶/甘油食用膜,有效降低了草莓呼吸强度。壳聚糖在常温下也具有一定的保鲜效果,Velickova等<sup>[31]</sup>将壳聚糖、蜂蜡/壳聚糖/蜂蜡,壳聚糖/三聚磷酸钠混合分别涂覆草莓并贮存(温度20 °C,相对湿度35%),有效延长草莓保鲜期至7 d,且壳聚糖单膜使草莓口感和外观俱佳。匡银近等<sup>[32]</sup>研究发现相对分子质量在 $5 \times 10^4 \sim 20 \times 10^4$ 的壳聚糖具有较好的抗活菌性能和成膜性能,且在质量浓度5~10 g/L中处理后的草莓保鲜效果较好,可见,并不是所有壳聚糖都具有良好的抗菌性能,只有在一定相对分子质量和合适浓度才能发挥其作用。

天然植物蛋白和中草药也可作为食用保鲜膜,保鲜效果较好。孙庆申等<sup>[33]</sup>以大豆分离蛋白复合溶液涂覆草莓表面,使草莓在室温下保鲜4~5 d。李海燕等<sup>[34]</sup>认为天然中草药源防腐保鲜剂操作简便、成本低、污染少、对人体无副作用,采用丁香、蛇床子、补骨脂等中草药制备成复合保鲜剂浸泡草莓,发现对草莓致病真菌有良好抑制作用。

#### 1.4 瓦楞纸箱涂膜保鲜技术

瓦楞纸箱成本低、易于加工、缓冲性能好、印刷适性好,广泛用于草莓的运输包装和销售包装,研究学

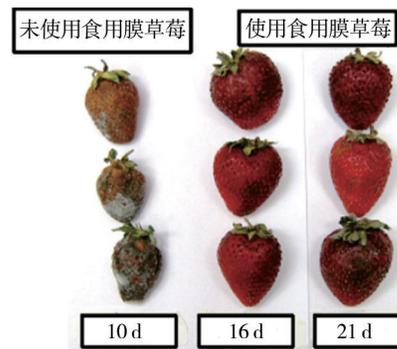


图1 未使用和使用壳聚糖/柠檬精油/乳化剂混合食用膜草莓贮存期形貌照片

Fig.1 Photos of strawberries during preservation: with or without chitosan/lemon oil/emulsifier mixed edible film

者在瓦楞纸箱对草莓保鲜方面展开了相关研究工作,保鲜方法是在纸箱内表面涂覆保鲜剂延长草莓贮存期,王建清等<sup>[35]</sup>将牛至精油与 $\beta$ -环糊精配制成复合涂膜液,涂布于瓦楞纸箱内表面包装草莓后常温下贮存(温度6~18 °C,相对湿度33%~35%),腐烂率降低了68.75%,延长贮存期3 d。高康<sup>[36]</sup>认为PVA湿度增大会使其阻隔性降低,使用PVA、丁香精油和吐温-80制成湿敏型缓释保鲜剂,涂布于瓦楞纸箱内表面,在常温下延长草莓贮存期至3 d。刘光发等<sup>[37]</sup>以牛至精油、海藻酸钠、吐温-80和单甘脂为原料制备牛至精油微胶囊,黏贴瓦楞纸箱内表面,草莓能够在16~18 °C下贮存4 d,但瓦楞纸箱易吸潮导致其机械性能下降,且阻隔性差,此技术可做为草莓短时间保鲜包装。

#### 1.5 辐照保鲜技术

辐照保鲜技术具有穿透力强、杀菌彻底、节省能源、无环境污染等优点,还能保持原料的色、香、味,是一种有效快速的保鲜方法<sup>[38]</sup>。辐照保鲜技术主要包括 $\gamma$ 射线、UV-C和UV-B等方式。Filho等人<sup>[39]</sup>采用3.6 kGy射线照射处理既可保持草莓外观,又能抑制草莓呼吸强度,为辐射保鲜技术的使用提供了有效的理论依据。Severo等<sup>[40]</sup>采用UV-C(4.35 kJ/m<sup>2</sup>)处理,可保持草莓常温((20 ± 2) °C)下贮存过程中较高的硬度和新鲜度。此外,采用辐照结合气调包装可以更好地延长草莓的保鲜期。Jouki等<sup>[41]</sup>人采用低剂量辐照(1 kGy)结合气调包装(CO<sub>2</sub>(10%), O<sub>2</sub>(5%), N<sub>2</sub>(85%))处理可使草莓4 °C贮存条件下保鲜期延长至21 d。该技术设备使用成本较高,工艺较复杂,因而未得到广泛使用。

#### 1.6 其他保鲜技术

其他保鲜技术还包括低压贮存、冷雾处理、超声

波处理、臭氧处理等。An等<sup>[42]</sup>将草莓放置在不同低压气氛(25.3, 50.7, 76.0 kPa)的密闭容器贮存(3 ℃),在50.7 kPa以下低压气氛中,呼吸强度受到明显抑制。Allais等<sup>[43]</sup>人将采摘后草莓进行冷雾处理(2 ℃, 1 m/s)后,能使其周围环境湿度达97%左右,失重可降低20%~40%,但是外观色泽降低,影响售卖。高梦祥等<sup>[44]</sup>采用交变磁场(强度4.22 A/m)对草莓进行处理,可降低腐烂率,呼吸强度减缓。王纪忠等<sup>[45]</sup>对比几种草莓保鲜方法后发现,冷激方法,即将草莓完全浸入0 ℃冰水混合物中1 h,捞出晾干后保鲜膜覆盖贮存,对草莓有明显保鲜效果,操作简单,成本较低。Aday等<sup>[46]</sup>采用超声波技术处理草莓(功率30, 60, 90 W, 时间5, 10 min),在30 W和60 W的功率下,能够有效抑制草莓呼吸强度,但不同处理时间对草莓品质影响不明显,他还研究了<sup>[47]</sup>臭氧技术对于草莓的保鲜效果,不同臭氧含量( $0.075 \times 10^{-6}$ ,  $0.15 \times 10^{-6}$ ,  $0.25 \times 10^{-6}$ (体积分数))处理草莓,发现 $0.075 \times 10^{-6}$ 和 $0.15 \times 10^{-6}$ 的臭氧含量有效延长草莓贮存期至21 d。

## 2 草莓保鲜技术发展趋势

草莓是一种老少皆宜且富含营养的水果,采用先进的保鲜技术,提高其贮存时间是近年来研究学者重点关注的问题。随着社会物质水平的提高,消费者对于购买草莓的外观品质、口感色泽等提出了更高要求,如何进行高效简便的草莓保鲜、发展新型保鲜技术是今后研究的重点方向。结合以上保鲜技术,今后的研究重点有以下几方面。

1) 研究草莓致病源真菌,为深入研究草莓保鲜技术提供理论基础。草莓采摘后易受到外界微生物浸染和自身菌类繁殖导致腐烂变质,李英华等<sup>[49]</sup>分析发现腐烂变质草莓病原真菌主要是黑根霉、青霉属、灰葡萄孢和恶疫霉4种,并且经过初步探索浓度为0.1%的正乙醇能够完全抑制4种病原真菌的生长。Cai等<sup>[50]</sup>将草莓采摘前三天喷洒酵母菌溶液,采摘后贮存(温度 $(2 \pm 2)$  ℃,相对湿度90%~95%),可明显抑制草莓自身菌类繁殖。Zhang等<sup>[51]</sup>发现采用罗伦隐球酵母和苯并(1,2,3)噻唑-7-硫代甲酸甲酯混合液能有效降低根霉菌繁殖数量和草莓黑腐病发病率。目前文献已采用多种方法明显抑制草莓病原真菌生长繁殖,但相关作用机理却未见报道。

2) 将多种保鲜技术方法有机结合,提高保鲜效果。目前也有少量相关文献,如刘伟等<sup>[52]</sup>将可食薄膜和MAP技术相结合,经过1-MCP熏蒸、CaCl<sub>2</sub>、植酸浸

泡处理后,置于PP硬质托盘内(CO<sub>2</sub>(9%~10%)+O<sub>2</sub>(8%~10%)),贮存在2 ℃下有效抑制草莓呼吸强度。Aday等<sup>[53]</sup>研究超声波和臭氧、超声波和ClO<sub>2</sub>技术相结合,4 ℃贮存16 d后明显保持草莓品质。从实际操作角度考虑,未来气调、熏蒸将成为主要保鲜技术,如何辅以其他技术,降低保鲜技术成本,简化工艺,有待进一步研究。

3) 增加运输、销售环节过程中的保护性。草莓的特性决定了其在被运输、销售环节过程中,极易破损,引起微生物侵染,导致腐烂。草莓在采摘后一定要做好相应保护措施,如可以采用新型结构包装,减少磕碰,减少运输环节等。

## 3 结语

随着社会技术的进步,生活水平的提高,人们对于草莓的食用口感、营养价值、外观品质都有了更高要求,发展草莓保鲜新技术、提高其贮存期是现在乃至今后需要重点关注的问题,目前保鲜技术已经有效提高了草莓的保鲜期,但其中存在技术成本高、工艺复杂等问题,还要继续研究,文中所述保鲜技术为学者今后进一步研究新技术方法提供了实践理论基础,相信草莓保鲜技术在未来定会取得飞跃性发展。

### 参考文献:

- [1] BILCK A P, GROSSMANN M V E, YAMASHITA F. Biodegradable Mulch Films for Strawberry Production[J]. *Polymer Testing*, 2010, 29: 471—476.
- [2] 郭晓沛. 关于草莓保鲜包装技术的研究[J]. *中国包装工业*, 2015(6): 86—88.  
GUO Xiao-pei. Research of Technology on Preservation of Strawberry[J]. *China Packaging Industry*, 2015(6): 86—88.
- [3] 周俊. 草莓保鲜包装的技术分析[J]. *包装世界*, 2004(3): 71—72.  
ZHOU Jun. Technological Analysis on Preservation of Strawberry[J]. *Packaging World*, 2004(3): 71—72.
- [4] 肖功年, 张愨, 彭建, 等. 气调包装(MAP)对草莓保鲜的影响[J]. *食品工业科技*, 2003, 24(6): 68—71.  
XIAO Gong-nian, ZHANG Min, PENG Jian, et al. Effect of Modified Atmosphere Packaging on The Preservation of Strawberries[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2003, 24(6): 68—71.
- [5] 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]. Food Industry, 2011(12):53—55.
- [6] 侯玉茹,李文生,王宝刚,等. 高CO<sub>2</sub>结合气调保鲜箱对草莓贮藏期间品质变化的影响[J]. 包装工程, 2015, 36(9): 38—41.  
HOU Yu-ru, LI Wen-sheng, WANG Bao-gang, et al. Effect of MAB Combined with High Carbon Dioxide on Quality Changes of Strawberry during Storage[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(9): 38—41.
- [7] SERRANO I O, FORTUNY R S, BELLOSO O M. Changes in Bioactive Composition of Fresh-cut Strawberry Stored under Superatmospheric Oxygen, Low-oxygen or Passive Atmospheres[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2010, 23(1):37—43.
- [8] 董婧,潘艳娟,刘光发,等. 气调包装对草莓保鲜效果影响的研究[C]// 2013中国食品包装学术会议论文集, 2013.  
DONG Jing, PAN Yan-juan, LIU Guang-fa, et al. Effect of modified Atmosphere Packaging on Strawberry Preservation [C]// 2013 China Academic Conference on Food Packaging, 2013.
- [9] 高欣,郑华燕. 不同包装材料对草莓贮藏品质和保鲜期的影响[J]. 食品工业科技, 2015, 36(2):328—330.  
GAO Xin, ZHENG Hua-yan. Effect of Different Packaging Materials on The Quality and Shelf Life of Strawberry[J]. Science and Technology of Food Industry, 2015, 36(2): 328—330.
- [10] 郭玉花,黄震,伏清,等. 草莓的纳米活性分子筛保鲜包装研究[J]. 食品科学, 2008, 29(12):708—711.  
GUO Yu-hua, HUANG Zhen, FU Qing, et al. Study on Controlled Atmosphere Fresh-keeping Effects of Nano-active Mplecular Sieve Packaging Film on Strawberry Fruits[J]. Food Science, 2008, 29(12):708—711.
- [11] 罗自生,叶轻飏,李栋栋. 纳米二氧化钛改性LDPE薄膜包装对草莓品质的影响[J]. 现代食品科技, 2013, 29(10): 2340—2537.  
LUO Zi-sheng, YE Qing-yang, LI Dong-dong. Influence of Nano-TiO<sub>2</sub> Modified LDPE Film Packaging on Quality of Strawberry[J]. Modern Food Science and Technology, 2013, 39(10):2340—2537.
- [12] 汪兴,王逸豪,付亚波,等. 草莓气调包装膜的制备与保鲜性能研究[J]. 农产品加工, 2015(6):7—10.  
WANG Xing, WANG Yi-hao, FU Ya-bo, et al. Preparation and Characterization of Strawberry Preservation of Modified Atmosphere Packaging Films[J]. Farm Products Processing, 2015(6):7—10.
- [13] ADAY M S, CANER C. The Shelf Life Extension of Fresh Strawberries Using an Oxygen Absorber[J]. LWT—Food Science and Technology, 2013, 52(2):102—109.
- [14] KARTAL S, ADAY M S, CANER C. Use of Microperforated Films and Oxygen Scavengers to Maintain Storage Stability of Fresh Strawberry[J]. Postharvest Biology and Technology, 2012, 71(1):32—40.
- [15] 姜艳茹,付亚波,李东立,等. 分子筛改性LDPE活性包装膜在草莓保鲜中的应用[J]. 中国印刷与包装研究, 2013, 5(1):61—66.  
JIANG Yan-ru, FU Ya-bo, LI Dong-li, et al. Molecular Sieve Modified LDPE Active Packaging Film for Strawberry Preservation[J]. China Printing and Packaging Study, 2013, 5(1): 61—66.
- [16] 姜艳茹,许文才,付亚波,等. 高透气性乙烯吸附包装对草莓保鲜性能影响的研究[C]// 2012第二届中国印刷与包装学术会议论文, 2012.  
JIANG Yan-ru, XU Wen-cai, FU Ya-bo, et al. Gas High Permeability and Ethylene Adsorption Active Packaging for Strawberry Preservation[C]// 2012 2th China Academic Conference on Printing and Packaging, 2012.
- [17] 寇丽萍,刘兴华,任亚梅,等. 采后热处理技术在果蔬贮藏保鲜上的应用[J]. 食品科学, 2015, 26(11):162—165.  
KOU Li-ping, LIU Xing-hua, REN Ya-mei, et al. Review of Storage Fruit and Vegetable with Heat Treatment of Postharvest[J]. Food Science, 2015, 26(11): 162—165.
- [18] 关军锋,刁春英,潘志杰,等. 贮藏前热处理对冷藏草莓果实保鲜效应的研究[J]. 河北农业科学, 2001, 5(1):1—5.  
GUAN Jun-feng, DIAO Chun-ying, PAN Zhi-jie, et al. Effect of Pre-storage Heat Treatment on Cold-Stored Strawberry Fruits[J]. Journal of Hebei Agricultural Sciences, 2001, 5(1): 1—5.
- [19] 刘伟,刘海军,胡亚光,等. 热处理空气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.
- [20] LARA I, GARCIA P, VENDRELL M. Post-harvest Heat Treatments Modify Cell Wall Composition of Strawberry (*Fragaria × Ananassa Duch.*) Fruit[J]. Scientia Horticulturae, 2006, 109(1):48—53.
- [21] MARCELA C D, MARINA A P, GUSTAVO A M, et al. Heat Treatments and Expansin Gene Expression in Strawberry Fruit [J]. Scientia Horticulturae, 2011, 130(4):775—780.
- [22] 张桂,赵国群,谢飞. 贮藏前热处理对草莓保鲜的影响[J]. 食品研究与开发, 2012, 33(2):192—194.  
ZHANG Gui, ZHAO Guo-qun, XIE Fei. Effect of Temperatures on the Storage Quality of Fruit[J]. Food Research and Development, 2012, 33(2): 192—194.
- [23] 叶云,何英姿. 涂膜保鲜技术应用于果蔬保藏的研究[J]. 食品科技, 2009, 34(6):243—246.  
YE Yun, HE Ying-zi. Application of Film-coating in Storage of Fruits and Vegetables[J]. Food Science And Technology,

- 2009, 34(6):243—246.
- [24] 提伟钢,于文越,邵士凤,等.可食性涂膜保鲜技术研究进展[J].保鲜与加工,2013,13(2):49—52.  
TI Wei-gang, YU Wen-yue, SHAO Shi-feng, et al. Research Progress of Edible Coating Preservation Technology[J]. Storage and Process, 2013, 13(2):49—52.
- [25] CAMPANIELLO D, BEVILACQUA A, SINIGAGLIA M, et al. Chitasan: Antimicrobial Activity and Potential Application for Preserving Minimally Processed Strawberry[J]. Food Microbiology, 2008, 25:992—1000.
- [26] 张芸,王利强.复合可食包装膜在草莓保鲜中的应用研究[C]//2012国际农业工程大会论文集,北京:中国机械工程学会,2010,455—459.  
ZHANG Yun, WANG Li-qiang. Research on Application of Edible Packaging Films in Strawberry Preservation[C]// Proceedings of 2010 International Conference on Agricultural Engineering, Beijing: Chinese Mechanical Engineering Society, 2010, 455—459.
- [27] VU K D, HOLLINGSWORTH R G, LEROUX E, et al. Development of Edible Coating Based on Modified Chitosan for Increasing the Shelf Life of Strawberries[J]. Food Research International, 2011, 44(1):198—203.
- [28] 黄爱宾,罗春日,刘彩凤,等.壳聚糖/聚乙烯醇共混膜用于草莓保鲜的研究[J].化工新型材料,2011,39(11):55—56.  
HUANG Ai-bin, LUO Chun-ri, LIU Cai-feng, et al. Chitosan/PVA Blend Films for the Preservation of Strawberry[J]. New Chemical Materials, 2011, 39(11):55—56.
- [29] NEETA B G, POOJA R P, RAMANA R T V. Improvement of Quality and Shelf-life of Strawberry with Edible Coatings Enriched with Chitosan[J]. Postharvest Biology and Technology, 2013, 85(3):185—195.
- [30] 宋艾青,任利平,张耕.明胶复合膜的制备及其在食品保藏中应用的研究[J].食品工业,2015,36(3):117—120.  
SONG Ai-qing, REN Li-ping, ZHANG Geng. Study on Preparation of Gelatin Combined Film and Use on Food Presentation[J]. Food Industry, 36(3):117—120.
- [31] VELICKOVA E, WINKELHAUSEN E, KUZMANOVA S, et al. Impact of Chitosan-beeswax Edible Coatings on the Quality of Fresh Strawberries (*Fragaria Ananassa* cv *Camarosa*) under Commercial Storage Conditions[J]. LWT—Food Science and Technology, 2013, 52:80—92.
- [32] 匡银近,龙晶,徐东生,等.不同相对分子质量的壳聚糖在草莓保鲜中的作用[J].食品科学,2010,31(2):241—244.  
KUANG Yin-jin, LONG Jing, XU Dong-sheng, et al. Effect of Chitosan Coating on Strawberry Preservation[J]. Food Science, 2010, 31(2):241—244.
- [33] 孙庆申,王璞,贺阳,等.大豆分离蛋白薄膜对草莓保鲜效果评价[J].食品工业科技,2010,31(1):327—329.  
SUN Qing-sheng, WANG Pu, HE Yang, et al. Study on Effects of Soy Protein Isolate Films on Preservation of Strawberry [J]. Science and Technology of Food Industry, 2010, 31(1):327—329.
- [34] 李海燕,李辉.中草药醇提物抑菌筛选及对草莓保鲜效果的研究[J].食品科学,2012,33(4):262—266.  
LI Hai-yan, LI Hui. Screening of Optimal Ethanol Extracts of Chinese Herbal Medicines for Preserving Strawberry and Effectiveness Evaluation[J]. Food Science, 2012, 33(4):262—266.
- [35] 王建清,赵亚珠,金政伟,等.牛至精油涂膜瓦楞纸箱对草莓保鲜效果的研究[J].食品科技,2011,36(2):26—30.  
WANG Jian-qing, ZHAO Ya-zhu, JIN Zheng-wei, et al. Study on Fresh-keeping Effect of Strawberry Stored in Corrugated Box Coated with Oregano Oil[J]. Food Science and Technology, 2011, 36(2):26—30.
- [36] 高康.湿敏型保鲜纸箱对草莓保鲜效果的研究[J].包装与食品机械,2013,31(6):24—28.  
GAO Kang. Study on Fresh-keeping of Strawberry Stored in Moisture-sensitive Type Preservation Carton[J]. Packaging and Food Machinery, 2013, 31(6):24—28.
- [37] 刘光发,王建清,赵亚珠.牛至精油微胶囊对草莓保鲜效果的影响[C]//2012第二届中国印刷与包装学术会议论文,2012.  
LIU Guang-fa, WANG Jian-qing, ZHAO Ya-zhu. Use of Microcapsules of Oregano Essential Oil to Extend the Shelf Life of Strawberries[C]//2012 2th China Academic Conference on Printing and Packaging, 2012.
- [38] 刘超.草莓辐射保鲜贮藏及其生理品质变化的研究[J].安徽农业科学,2003,31(5):744—745.  
LIU Chao. Study on the Strawberry Fresh-keeping and Storage and Quality Variation with the Treatment of Irradiation[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2003, 31(5):744—745.
- [39] SEVERO J, OLIVEIRA I R D, TIECHER A, et al. Postharvest UV-C Treatment Increases Bioactive, Ester Volatile Compounds and a Putative Allergenic Protein in Strawberry[J]. LWT—Food Science and Technology, 2015, 64(2):685—692.
- [40] FILHO T L, LUCIA S M D, SCOLFORO C Z, et al. Consumer Rejection Threshold for Strawberry Radiation Doses[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2014, 23(3):194—198.
- [41] JOUKI M, KHAZAEI N. Effect of Low-dose Gamma Radiation and Active Equilibrium Modified Atmosphere Packaging on Shelf Life Extension of Fresh Strawberry Fruits [J]. Food Packaging and Shelf Life, 2014, 1(1):49—55.
- [42] AN D S, PARK E, LEE D S. Effect of Hypobaric Packaging on Respiration and Quality of Strawberry and curled Lettuce[J]. Postharvest Biology and Technology, 2009, 52(1):78—83.
- [43] ALLAIS I, LETANG G. Influence of Mist-chilling on

- Post-harvest Quality of Fresh Strawberries Cv.Mara Des Bois and Gariguette[J]. Refrigeration, 2009, 32(6): 1495—1504.
- [44] 高梦祥,王春萍. 交变磁场对草莓保鲜效果的影响[J]. 食品研究与开发, 2010, 31(1): 155—158.
- GAO Meng-xiang, WANG Chun-ping. Preservation Study and Fresh Strawberries by Alternating Magnetic Filed[J]. Food Research and Development, 2010, 31(1): 155—158.
- [45] 王纪忠,张绍铃,周青,等. 几种常用保鲜方法对草莓保鲜效果的研究[J]. 食品研究与开发, 2012, 33(1): 179—181.
- WANG Ji-zhong, ZHANG Shao-ling, ZHOU Qing, et al. The Effect of Six Post Harvest Treatment Methods on Strawberry Fruit Quality[J]. Food Research and Development, 2012, 33(1): 179—181.
- [46] ADAY M S, TEMIZKAN R, BUYUKCAN M B, et al. An Innovation Technique for Extending Shelf Life of Strawberry: Ultrasound[J]. LWT—Food Science and Technology, 2013, 52(2): 93—101.
- [47] ADAY M S, BUYUKCAN M B, TEMIZKAN R, et al. Role of Ozone Concentrations and Exposure Times in Extending Shelf Life of Strawberry[J]. The Journal of International Ozone Association, 2014, 36(1): 43—56.
- [48] NECHET K D L, HECK D W, TERAO D, et al. Effect of Increase of UV-B Radiation on Strawberry Fruit Quality[J]. Scientia Horticulturae, 2015, 193: 7—12.
- [49] 李英华,袁海英,巴图尔,等. 新疆草莓采后主要致病病原真菌的鉴定及正乙醇处理对其抑制作用[J]. 新疆农业大学学报, 2008, 32(1): 60—63.
- LI Ying-hua, YUAN Hai-ying, BA Tu-er, et al. Identification of Pathogenic Fungi from the Post-harvest Strawberry and Effect of Hexanol Treatment on Them[J]. Journal of Xinjiang Agricultural University, 2008, 32(1): 60—63.
- [50] CAI Zi-kang, YANG Rong, XIAO Hong-mei, et al. Effect of Preharvest Application of Hanseniaspora Uvarum on Postharvest Diseases in Strawberries[J]. Postharvest Biology and Technology, 2015(100): 52—58.
- [51] ZHANG Xiao-yun, SUN Yu, YANG Qi-ya, et al. Control of Postharvest Black Rot Caused by Alternaria Alternata in Strawberries by the Combination of Cryptococcus Laurentii and Benzo- (1, 2, 3) -thiadiazole-7-carbothioic Acid S-methyl Ester[J]. Biological Control, 2015, 90: 96—101.
- [52] 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.
- [53] ADAY M S, CANER C. Individual and Combined Effects of Ultrasound, Ozone and Chlorine Dioxide on Strawberry Storage Life[J]. LWT—Food Science and Technology, 2014, 57(1): 344—351.

(上接第77页)

- Film[J]. Journal of Food Engineering, 2013, 116(2): 598—605.
- [8] KHWALDIA K, PEREZ C, BANON S, et al. Milk Proteins for Edible Films and Coatings[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2004, 44(4): 239—251.
- [9] PAVLATH A E, ORTS W. Edible Films and Coatings: Why, What, and How[M]. New York: Springer, 2009: 1—23.
- [10] 孙秀秀,马中苏. 大豆分离蛋白/壳聚糖可食膜的制备及其性能的研究[J]. 中国农业科技导报, 2009, 11(6): 80—85.
- SUN Xiu-xiu, MA Zhong-su. Preparation and Properties of Chitosan/soy Protein Isolate Edible Films[J]. China Agricultural Science and Technology, 2009, 11(6): 80—85.
- [11] GHAOUTH A E L, ARUL J, PONNAMPALA R. Chitosan Coating Effect on Storability and Quality of Fresh Strawberries [J]. Journal of Food Science, 1991, 56(6): 1618.
- [12] 曾名勇,刘树青,于广利,等. 关于壳聚糖涂膜保鲜草莓的研究[J]. 制冷学报, 1996(1): 47—52.
- ZENG Ming-yong, LIU Shu-qing, YU Guang-li, et al. Research on Chitosan Coating Preservation Strawberry[J]. Journal of Refrigeration, 1996(1): 47—52.
- [13] GONTARD N, GUILBERT S, CUQ J L. Edible Wheat Gluten Films: Influence of the Main Process Variable on Film Properties Using Response Surface Methodology[J]. Journal of Food Science, 1992, 57(1): 190—195.
- [14] GB/T 1040—2006/ISO 527—3: 1995, 拉伸性能的测试[S]. GB/T 1040—2006/ISO 527—3: 1995, Tensile Properties of the Test[S].
- [15] 张超华,薛伟. 壳聚糖/牛蒡提取物复合膜的制备及应用[J]. 云南大学学报: 自然科学版, 2014, 36(6): 883—890.
- ZHANG Chao-hua, XUE Wei. Preparation and Application of Chitosan/Burdock Extract Composite Film[J]. Yunnan University: Natural Science, 2014, 36(6): 883—890.