

# 果蜡保鲜技术研究进展

姜楠, 王蒙, 韦迪哲, 冯晓元\*

(北京农业质量标准与检测技术研究中心、农业部农产品质量安全风险评估实验室(北京), 北京 100097)

**摘要:** 水果打蜡是采后商品化处理的重要环节, 也是国际市场对果品商品感官的基本要求。通过打蜡不但可以增强果品表面光泽, 改善外观品质, 提高商品价值, 还可以堵塞果品表面的气孔和皮孔, 降低果品水分流失, 有利于保持果品的新鲜度, 还能有效控制果品的侵染性病害, 进而延长贮藏期和货架期。但不适宜的打蜡处理会引起果实产生异味, 导致果实劣变。本文综述了国内外保鲜果蜡的种类、研制现状、打蜡处理在改善果实内质、外观及在防腐保鲜作用中的最新进展, 并对其存在的问题及应用前景进行了展望, 以期为果蜡的相关研究提供有益参考。

**关键词:** 果蜡; 制备技术; 品质; 保鲜

## Progress on wax coating researches for fruits

JIANG Nan, WANG Meng, WEI Di-Zhe, FENG Xiao-Yuan\*

(Beijing Research Center for Agricultural Standards and Testing (BRCAST), Risk Assessment Lab for Agro-products (Beijing), Ministry of Agriculture. P. R. China, Beijing 100097, China)

**ABSTRACT:** Wax is an important link of the commercialization of post-harvest handling, also is the basic requirement on senses of fruit of international market. Wax coating not only can enhance the fruit surface luster and improve the appearance quality and the commodity value, but can also block the fruit pores and holes on the surface to reduce fruit water loss. What's more, it can prevent contamination and also prolong the shelf life of products. But unsuitable treatment for fruit will emit odors, and lead to deterioration. This review introduced the research status of kinds of fruit wax and their influence on appearance and inter-quality, and their benefit in keeping fresh of fruits with wax application. Finally, in order to provide beneficial reference for the related research of fruit wax, the future prospects for wax coating for fruits were explored.

**KEY WORDS:** fruit wax; preparation technology; quality; freshness

## 1 引言

中国是世界水果生产大国, 水果产业在国民经济中占有重要地位, 自1993年以来, 我国水果产量稳居世界前列。根据联合国粮食及农业组织(FAO)最新数据统计结果,

2012年我国新鲜水果总产量34198.74万吨<sup>[1]</sup>。由于水果的特有性质, 采收后不作保鲜处理, 极易受病菌、机械损伤等因素影响而腐烂变质, 造成的损失达到20%~40%<sup>[2]</sup>, 导致巨大经济损失和严重的资源浪费, 严重制约了我国果品产业的可持续发展。

基金项目: 北京市农林科学院科技创新能力建设专项(KJCX20140506)

**Fund:** Supported by Innovation and Capacity-building Projects by Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences (Project KJCX20140506)

\*通讯作者: 冯晓元, 研究员, 博士, 主任助理, 主要研究方向为果品质量与安全。E-mail: fengxiaoyuan2014@126.com

\*Corresponding author: FENG Xiao-Yuan, Professor, Beijing Research Center for Agricultural Standards and Testing, Room 703, Block A, Beijing Agricultural Building, No.11 Middle Road of ShuguangHuayuan, Haidian District, Beijing 100097, China. E-mail: fengxiaoyuan2014@126.com

采后商品化处理是农产品增值和降低损失的重要措施,而打蜡处理是现代果品商品化的重要环节,也是提高果品竞争力的重要手段。水果采收后仍是活的有机体,自身蒸腾作用仍在进行,从而使果实不断失水,果皮出现皱缩,商品价值大大下降。果蜡也称水果被膜剂,被覆于水果表面,起防腐、保鲜、保质、抑制水分蒸发、防止微生物侵袭、增加水果表面光洁度和亮度、延长贮藏期和货架期等作用<sup>[3]</sup>。1995 年以来,国际市场上销售的苹果、柑桔等都必须经过打蜡处理,世界发达国家水果采收后处理打蜡率达到了 80%~90%<sup>[4]</sup>。我国虽然是世界水果生产大国,但出口量和贸易额明显偏低,其主要原因之一是水果采收后商品化处理技术落后,果蜡的科研与生产相对滞后以及专用机械设备的不完善,果蜡质量良莠不一,打蜡后虽然外观有所改进,但对内在品质影响较大,仍然无法提高打蜡果实的国内外市场竞争力,也严重影响了我国水果产业优势的发挥。本文综述了国内外保鲜果蜡制备的研究现状及打蜡对果实品质的影响,以期对果蜡相关的研究提供一定的参考依据。

## 2 果蜡种类及研制现状

果蜡是最早使用的果蔬涂膜保鲜剂,我国早在 12 世纪就有涂蜡阻止甜橙和柠檬脱水的记载,但果品打蜡处理的现代研究明显落后于发达国家。在 20 世纪 30 年代至 50 年代,发达国家已将打蜡技术作为一个重要手段在商业上广泛应用<sup>[5]</sup>。他们十分重视果蜡制备及保鲜技术的研究,生产出针对不同品种、不同环境条件及不同需要的果品系列涂膜保鲜剂<sup>[6]</sup>。日本于 1953 年将打蜡技术从美国引入,用于温州蜜柑的处理,此后又独立开发了不同品牌的果蜡<sup>[7]</sup>。而我国在 20 世纪 80 年代末引进果蜡保鲜技术,经过广大科研人员的努力,研制出了自己的保鲜果蜡。现国内市场上的国产果蜡有甘肃省农科院的伊源果蜡<sup>[8]</sup>、中国林业科学院林产化工研究所的虫胶蜡<sup>[9]</sup>、重庆果树研究所的 Budshine A 蜡液<sup>[10]</sup>、北京化工研究院研制出的吗啉脂肪酸盐果蜡(CFW)等<sup>[7]</sup>。目前世界上大多数国家和地区都有自己的果蜡专利产品,果蜡已被大量用于苹果、梨、柑橘、杏、油桃、柠檬、甘蓝、马铃薯、番茄、辣椒等果蔬产品的保鲜<sup>[6]</sup>。以下是目前国内外市场上应用较广泛的果蜡品种:

### 2.1 纳米硅基氧化物(SiO<sub>x</sub>)保鲜果蜡

纳米 SiO<sub>x</sub> 是近几年在化工合成中广泛用在增加材料强度方面的添加剂,甘肃省农科院农产品贮藏加工研究中心利用纳米 SiO<sub>x</sub> 的小尺寸效应,使其产生淤渗作用,在果蜡涂层界面形成致密的“纳米涂膜”,以改善果蜡的气密性,进而研制成功新型的纳米保鲜果蜡;其主要成分为精制紫胶、蜂蜡、高级脂肪酸、吗啉、纳米 SiO<sub>x</sub>、膜固化材料等<sup>[8]</sup>。已有研究表明纳米 SiO<sub>x</sub> 保鲜果蜡在剂型、快干性、成膜性、果面光洁度、色泽、洗脱性和保水性等方面均达到

国外同类产品的性能<sup>[11]</sup>。薛自萍等<sup>[12]</sup>通过比较纳米保鲜果蜡、美国仙亮 402、果亮 256 对“红富士”和“乔纳金”苹果的保鲜效果,其研究结果表明,纳米保鲜果蜡在维持果实品质、延长果实货架期等方面已与进口果蜡相近,甚至某些性能优于进口果蜡。刘元寿等<sup>[13]</sup>的研究结果也表明,纳米 SiO<sub>x</sub> 保鲜果蜡在增加果品色泽、亮度及降低果品干耗等方面与进口果蜡相近,且在防腐烂性能方面优于进口果蜡。

纳米保鲜果蜡的性能优于国外同类产品的原因可能与纳米 SiO<sub>x</sub> 的加入有关。纳米 SiO<sub>x</sub> 经透射电子显微测试分析,明显呈现出絮状和网状的准颗粒结构。利用纳米 SiO<sub>x</sub> 的空间网状结构及表面存在大量的不饱和残键和羟基,极易与果蜡中脂肪酸链中羧基上的羟基发生键合作用,产生良好的亲和性,使涂敷于果实表面的果蜡在干燥成膜时,膜层结构更加致密,改善蜡膜的完整性,增强蜡膜的气密性,合理调节了果实微环境内的气体组成<sup>[9,12,13]</sup>。纳米保鲜果蜡自 2004 年在我国苹果、柑橘主产区推广示范以来,已被广泛应用于苹果、柑橘的采收后商品化处理<sup>[9]</sup>。近年来的研究表明纳米保鲜果蜡也可应用于早酥梨<sup>[14]</sup>、枣<sup>[15]</sup>、芒果<sup>[16]</sup>、甜瓜<sup>[17]</sup>等水果的采收后处理。

### 2.2 虫胶蜡

目前国内外普遍使用的商业蜡的主要成分为虫胶、木松香、氧化聚乙烯蜡、巴西棕榈蜡或小烛树蜡等与脂肪酸和氨结合的水溶性蜡液<sup>[5]</sup>。以虫胶为主的蜡液中,虫胶是提高果实亮度的主要成分,其含量的多少也决定了该蜡液的售价。尽管我国也研制了以虫胶为主要成分的果蜡产品<sup>[18]</sup>,但经调研,目前在江西、湖北等柑橘主产区用于柑橘商品化处理的果蜡主要进口于美国、西班牙和澳大利亚等发达国家。如在江西省赣州市多使用美国 FMC 公司生产的 890 系列蜡液,湖北省宜昌市多使用美国鲜亮公司 lustr 系列蜡液。这可能是由于自制虫胶蜡在提高果实亮度方面逊色于进口果蜡。已有研究表明,402F 和 FMC890 果蜡处理可明显提高默科特柑橘果实亮度;但自制虫胶蜡处理的果实失重率最低,硬度最高,并较好地保持了果实的原有风味<sup>[19]</sup>;对长叶橙<sup>[20]</sup>和诺瓦橘橙<sup>[21]</sup>的打蜡效果也表明:自备虫胶蜡与其他两种进口果蜡(402F 和 FMC890)相比,减少果实失重和保持果实新鲜度的效果更好,但在增加果实亮度方面还需进一步改进。此外,研究结果表明,利用虫胶果蜡涂膜蜜梨果实,能显著抑制纹路病病斑的扩展,保持果肉硬度和细胞的完整性,并延长果实的货架期<sup>[22]</sup>。

### 2.3 CCF 果蜡

CCF 果蜡是由浙江省柑橘研究所研发,将天然高分子化合物经过适当改性研制而成。经过改性后改变了天然高分子化合物及蜡类不耐微生物的缺陷,并保持一定的透气性和良好的保水性。陈友清等<sup>[23]</sup>采用 CCF 果蜡涂膜柑橘果实,并对贮藏过程中柑橘果实的理化性质等进行了研究,

其研究表明 CCF 果蜡有效抑制了柑橘的腐败变质, 保存了原有风味, 且具有干燥速度快、适应性好、明显改善果实外观、并降低果实失重率等优点。

## 2.4 壳聚糖果蜡

壳聚糖是一种成膜性较好的天然高分子物质, 具有良好的成膜性和广谱抗菌性, 存在于虾、蟹壳中, 已被广泛用于果蔬的涂膜保鲜<sup>[24]</sup>。与其他膜相比, 它无毒、无味、能被生物体分解, 是一种可再生资源。壳聚糖特有的结构, 决定它具有多种独特的理化特性, 如具有很高的黏度, 良好的吸水性、保湿性、成膜性、增稠性、凝胶性等, 这些独特的理化性质正是果品保鲜品质的重要影响因素<sup>[25]</sup>。此外, 壳聚糖涂膜处理可使水果中超氧化物歧化酶的活性处于较高水平, 利于清除超氧阴离子自由基, 还可降低膜脂的过氧化作用, 减少乙烯生成, 从而起到保鲜作用<sup>[26]</sup>。

壳聚糖对水果的保鲜效果研究较早也较广泛。张敏等<sup>[27]</sup>研制的 HCF 保鲜蜡最佳配方为 1% 羧甲基壳聚糖, 用其涂膜桃子后冷藏(3℃-5℃), 结果表明: HCF 果蜡处理可有效降低桃子的呼吸强度, 降低聚半乳糖醛酸酶活力, 还能在一定程度上抑制桃子超氧化物歧化酶活力, 减少丙二醛的产生, 延缓果实衰老。关丽等<sup>[28]</sup>将壳聚糖与明胶、可溶性淀粉和聚乙烯醇三种材料混合, 制备出了性能良好的壳聚糖复合膜剂, 并探讨了该膜的保湿性能、吸湿性能和水蒸气透过性能。结果表明壳聚糖与其他水溶性高分子材料复合成膜后, 其综合性能均有所提高。张洪等<sup>[29]</sup>研究不同纳米 SiO<sub>x</sub> 添加量的壳聚糖复合涂膜对猕猴桃保鲜效果的影响, 结果证实可通过控制纳米 SiO<sub>x</sub> 的添加量来调节复合膜的透氧量和透水量, 从而抑制果实的呼吸作用, 提高猕猴桃的保鲜效果。

## 2.5 其他果蜡

近年来, 中药材与天然食源植物成为了制备果蜡的研究热点, 具有中药提取物的功能性果蜡逐渐显现出其优势。杨礼安<sup>[30]</sup>发明了一种中药保鲜果蜡的生产方法, 其主要成分含有虫胶、马来松香改性树脂及杀菌中药提取液。通过与美国 FMC890 及仙亮 402 比较结果表明: 三种果蜡均可降低柑橘果实的失重率及腐烂率, 但中药保鲜果蜡在延缓果实软化及维持果实风味方面要优于进口果蜡。何炜静等<sup>[31]</sup>对中药保鲜果蜡的配方进行了正交筛选实验, 经过对芒果果实失重率、腐烂指数、转色指数等指标进行综合分析后, 确定该中药保鲜果蜡的最优配方为 20% 虫胶、3% 中药抑菌剂及 2% 马来松香改性树脂。因此, 利用我国的中药材与天然食源植物种类多, 研究筛选出用于果蔬保鲜的中药材提取物具有极广阔的前景。

纳他霉素是一种广谱、高效的真菌抑制剂, 对真菌极为敏感, 微量使用即可对水果起防腐作用, 目前已广泛应用于食品工业中。为了提高紫胶蜡液的稳定性和抑菌性,

胡云峰等<sup>[32]</sup>制备了含纳他霉素的紫胶果蜡, 其主要成分为紫胶 12.0%、吗啉 2.0%、丙二醇 1.0%、氨水 1.2%, 纳他霉素 0.06%。应用该保鲜果蜡贮藏的胡柚和锦橙, 能较好地保持果实的外观品质, 并显著延缓果实失重率的降低。王娟等<sup>[33]</sup>将纳他霉素、尼辛、薄荷油、氯化钙、香兰素、壳聚糖等多种成分混合制成复合保鲜涂膜液, 该涂膜液用于木瓜的保鲜, 可较好地保持木瓜的色泽, 抑制褐变, 减少贮藏过程中的水分损失, 保持较高的可溶性固形物含量, 抑制霉菌、酵母菌和细菌的增长。

## 3 果蜡对果实品质的影响

打蜡是改善果实外观, 提高果实商品价值的一个重要手段。水果采收后仍是活的有机体, 采收后的水果在贮藏、销售过程中(尤其是货架期), 仍进行自身蒸腾作用, 从而使果实不断失水, 果皮出现皱缩, 商品价值大大下降。而打蜡能够改善果实外观、减少水分损失、抑制气体交换并能作为杀菌剂、抗氧化剂以及生物调节剂等的载体, 进而起到延长果实货架期的作用<sup>[34]</sup>, 但不适宜的打蜡处理会引起果实产生异味, 导致果实风味品质下降。因此, 评价蜡液的好坏取决于其对打蜡后果实内部气体与外界环境气体交换的影响, 取决于提高果皮亮度的效用, 也包括对硬度、转色、腐烂率、抗坏血酸等的影响<sup>[35]</sup>。优质果蜡应延长果实货架期而不引起果实异味物质的产生, 降低腐烂率而不影响果实内在品质。

### 3.1 打蜡处理对果实外观、内质的影响

Baldwin 等<sup>[36]</sup>考察了纤维素涂层和棕榈蜡涂层两种可食膜对芒果贮藏过程中性能的影响, 结果表明棕榈蜡涂膜可更有效调节氧气的渗透性, 减少芒果的水分流失。陈燕妮等<sup>[37]</sup>研究了打蜡处理对砂糖桔贮藏期间果实品质的影响, 结果表明果蜡处理可显著降低果实失重率、增加果实亮度, 并有效减少砂糖桔的腐烂率, 而未经打蜡处理的果实常温下贮藏 30 d 就完全失去了商品价值和食用价值。黄铮等<sup>[38]</sup>研究结果也表明采用果蜡涂膜能有效抑制红星苹果果实失重率的下降。打蜡之所以能够降低果实的失重率是因为蜡液能够阻碍 O<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub> 和水分的散发, 从而降低了果实的呼吸速率、失水率和氧化速率<sup>[39]</sup>。

水果是维生素 C、酚类物质的重要来源, 打蜡处理还有利于果实维生素 C 等营养品质的保持。已有研究结果表明: 涂蜡不仅能减少维生素 C 和有机酸的损耗, 还可对果实糖酸的比例进行调整, 有利于果实保持良好的风味<sup>[40]</sup>。最新研究结果表明, 经打蜡处理后砂糖桔在常温贮藏 42 d 后仍保持较高的维生素 C 含量<sup>[37]</sup>。Deng 等<sup>[41]</sup>研究了壳聚糖蜂蜡复合涂膜处理对黄桃的营养品质的影响, 结果表明, 壳聚糖蜂蜡可有效保持果实维生素 C 含量, 延缓多酚氧化酶增加, 减慢褐变速率。王文果等<sup>[42]</sup>的研究也表明采用蜡液处理红桔能显著减少维生素 C 和有机酸的损耗。

果蜡涂膜还可以有效减轻果蔬冷害的发生。通过打巴西棕榈蜡和聚乙烯蜡使白葡萄柚表皮凹陷较小,而打虫胶蜡和树脂蜡果皮凹陷较大<sup>[43]</sup>。袁蒙蒙等<sup>[44]</sup>研究了不同浓度的壳聚糖涂膜对黄瓜采后贮藏期间冷害发生的影响,结果表明低温下采用壳聚糖涂膜处理可有效延迟黄瓜冷害出现的时间,并减轻冷害症状。因此,果蜡处理在采后贮藏中尤为重要。

### 3.2 果蜡对果实风味品质的影响

打蜡处理不仅可以有效改善果品的生理品质,还显著影响果实的风味品质,对果实风味的影响主要体现在果实内部乙醇和乙醛含量的积累。自蜡液被广泛使用后,已有大量研究表明打蜡能引起果实异味物质的产生<sup>[18,45-47]</sup>。张云贵等<sup>[10]</sup>使用不同种类的蜡液处理温州蜜桔,结果发现果汁内乙醇含量明显升高。打蜡的西班牙克里曼丁橘在采后贮藏期间,果实酸含量和柑橘风味都下降,果实异味物质含量明显上升<sup>[46]</sup>。最新研究发现莫科特橘打蜡贮藏后 31 种芳香物质降低了 50%,而与乙醇发酵、脂肪酸、氨基酸代谢相关的 13 种挥发物增加了至少 2 倍,尤其是三甲基丁醇,乙酸乙酯丙酸,2-氨基异丁酸乙酯,2-甲基丁酸乙酯等含量明显升高<sup>[44]</sup>。异味物质产生的主要原因是由于打蜡后在一定程度上阻塞了表皮的气孔,限制了果实内部与外界环境之间的气体交换,果实内部产生无氧呼吸,且蜡液阻碍了 CO<sub>2</sub>、乙醇和乙醛气体透过果实,导致果实内部乙醇和乙醛的累积,进而产生异味。但目前国内的研究还停留在打蜡对果实风味产生影响的描述上,下一步研究的重点应研究延缓果实异味产生的措施,如改变蜡液透气性、稀释蜡液或果实冷链物流等适宜的贮运方法。

### 3.3 果蜡的防腐保鲜作用

水果受到微生物污染会发生腐烂变质,导致果实品质下降,而果蜡处理可有效抑制微生物生长,从而起到防腐保鲜的作用。已有研究表明在果蜡中添加一定剂量的抑霉唑并涂膜柑橘果实,可有效抑制绿霉菌的生长,并在一定程度上保持柑橘的水分含量、亮度,有效调节柑橘表面的呼吸作用<sup>[48]</sup>。庞杰等<sup>[49]</sup>研究结果也表明,涂蜡能明显减慢柑橘青绿霉菌在 MS 培养基上的生长速度,显著降低果实损伤接种青绿霉菌的腐烂率,获得较好的防腐保鲜的效果。果蜡处理还可以减轻果实表皮机械损伤,可作为防腐抑菌剂的载体,减少微生物污染,从而延长果实货架期<sup>[50]</sup>。

## 4 果蜡应用存在的问题

果品的采后打蜡处理是现代化果品商品化的重要环节,也是提高果品竞争力的重要手段。但通过上述国内外文献的统计分析发现,果品打蜡处理技术还存在一定问题,主要有以下几方面:

### 4.1 缺乏高透气性的果蜡产品

据调研,目前在商业上广泛使用的蜡液主要成分为虫胶蜡和树脂,尽管能显著提高果实的亮度,但透气性较差,进而限制果实内部气体交换,导致果实无氧呼吸加强,加速异味物质积累。特别是柑橘等水果常温物流过程中,整个运输过程甚至持续 2~3 d,导致很多打蜡的果实到达目的地后失去食用价值,造成浪费。因此,开发高透性蜡液是目前各国果蜡研发的重点。欧美国家打蜡时常采用打双层蜡的方法,通常第一层为防止水分流失的蜡液,第二层为虫胶或树脂来增加果实的光泽度,并通过预冷以及冷链贮藏的方式减少贮藏后异味的积累。

### 4.2 缺乏打蜡技术的科学指导

由于高光泽度的果品在市场上较受消费者欢迎,在生产中,销售厂家选择蜡液时过分注重打蜡处理后果实表面的光泽度,过度强调卖相,普遍存在“打蜡越厚越好,越亮越好”等错误观念,而忽略了打蜡对果实内在品质的影响。随之而来的问题是过度打蜡使果实的呼吸通道全部堵塞,果实内部无氧呼吸导致果皮变软,果肉出现酒味,环境温度较高时,这一现象更为严重。而发达国家对水果打蜡有成熟的工艺流程和法规,因此,迫切需要对水果打蜡技术参数进行规范,对蜡液适宜浓度进行研究。

### 4.3 缺乏果蜡使用安全性评价

水果打蜡不仅仅是为了改善果品外观,提高商品价值;同时蜡液还可作为杀菌剂的载体,进而起到防腐保鲜的作用。但杀菌剂的使用都会在果蔬中形成一定量的残留,由于商业蜡的具体成分和浓度具有保密性,难以知晓其是否添加杀菌剂及杀菌剂的浓度。在柑橘类水果打蜡过程中色素的添加现象也较为普遍,但缺乏柑橘使用的染色剂的安全性评价,也缺乏可替代的天然色素产品。此外,根据《食品安全国家标准食品添加剂使用标准》相关规定,在果蔬上允许使用的果蜡大多是动植物天然蜡的提取物,其安全性是经过评估的。但由于我国果蜡品种良莠不齐,一些不法商贩用廉价的工业蜡代替食品蜡,存在一定的安全隐患。

## 5 展望

果蜡作为保鲜剂,可以提高果品自身的营养价值及商用价值,其应用前景非常广泛。随着消费者对食品绿色需求进程的加快,发达国家水果蜡液的研发已向天然、无毒或低毒、低残留方向发展,纯天然绿色成膜材料已成为制备果蜡的重要原料,因此通过调整蜡液成分,开发高品质、高透性蜡液,并采用预冷、冷链运输等方式,将极大地延缓果实异味物质的累积速度,对于改善打蜡后果品的品质具有重要意义。我国水果品种多样,可针对不同果品的特性开发各具特色的果蜡,对于提高我国水果打蜡率,发挥水果资源的优势具有深远意义。此外,应尽快制定打蜡

技术体系国家标准和法规,建立果蜡中非法添加工业蜡的快速检测方法,加大柑橘果实染色剂的研发,并对果蜡的安全性进行评价,特别是果蜡中使用的杀菌剂的种类、色素及工业蜡等非法添加情况,为水果采后商品化处理和安全生产消费提供参考,切实提升水果的采后附加值。

#### 参考文献

- [1] FAO: <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>
- [2] 王维德. 果蔬保鲜进展[J]. 福建化工, 1996, (3): 44-46.  
Wang WD. Progress for fruits and vegetables [J]. Fujian chem, 1996, (3): 44-46.
- [3] 张云贵, 成明昊. 果品打蜡的主要作用及存在问题[J]. 西南园艺, 2000, 28(2): 13.  
Zhang YG, Cheng MH. The main function and problems of the fruit waxing [J]. Southwest Hortic, 2000, 28(2): 13.
- [4] 吴旂, 赵斌, 王琼. 保鲜果蜡制备技术研究进展[J]. 广东农业科学, 2010, 7: 134-141.  
Wu Y, Zhao B, Wang Q. Review on fresh fruit wax preparation technology [J]. Guangdong Agric Sci, 2010, 7: 134-141.
- [5] Dhall RK. Advances in edible coatings for fresh fruits and vegetables: a review [J]. Crit Rev Food Sci Nutr, 2013, 53: 435-450.
- [6] 李小琴, 陈霞, 龙飞. 等. 果蔬涂膜保鲜剂研究进展[J]. 南方农业, 2009, 01: 61-63.  
Li XQ, Chen X, Long F, *et al.* Review on fruit and vegetable coating antistaling agent [J]. South Agric, 2009, 1: 61-63.
- [7] 张云贵, 成明昊, 李晓林. 果蔬蜡液的种类及应用[J]. 园艺学报, 2000, 27: 553-559.  
Zhang YG, Cheng MH, Li XL. The types and application of fruit and vegetable wax liquid [J]. Acta Hortic Sini, 2000, 27: 553-559.
- [8] 张永茂, 颜敏华, 田世龙. 等. 纳米硅基氧化物(SiO<sub>x</sub>)保鲜果蜡研究与开发[J]. 农业工程技术, 2010, 5: 42-46.  
Zhang YM, Xie MH, Tian SL, *et al.* The develop on freshness nano-SiO<sub>x</sub> fruit wax [J]. Agric Ind, 2010, 5: 42-46.
- [9] 中国农林科学院林化所水果涂料组. 紫胶水果涂料的制备与使用[J]. 林化科技通讯, 1976, Z1: 59-62.  
Chinese Academy of Agriculture and Forestry of the fruit coating. Preparation and use of shellac coating fruits [J]. Forest Sci Technol, 1976, Z1: 59-62.
- [10] 张云贵, 成明昊, 李晓林. 等. 不同涂蜡处理对温州蜜柑贮藏期间果实的影响[J]. 西南农业大学学报, 2000, 22(5): 406-409.  
Zhang YG, Cheng HM, Li XL, *et al.* Effects of wax coating on fruits of citrus unshiu Marc.var. Owarri during storage [J]. J Southwest Agric Univ, 2000, 22(5): 406-409.
- [11] 颜敏华, 刘刚, 张永茂. 等. 纳米 SiO<sub>x</sub> 保鲜果蜡研制[J]. 食品科学, 2003, 24(7): 146-149.  
Xie MH, Liu G, Zhang YM, *et al.* The develop on freshness nano-SiO<sub>x</sub> fruit wax [J]. Food Sci, 2003, 24(7): 146-149.
- [12] 薛自萍, 郭玉蓉, 张永茂. 等. 纳米 SiO<sub>x</sub> 保鲜果蜡对苹果贮藏性能的影响[J]. 食品工业科技, 2005, 2: 176-193.  
Xue ZP, Guo YR, Zhang YM, *et al.* The effect of nano-SiO<sub>x</sub> on the storage of apple [J]. Sci Tech Food Ind, 2005, 2: 176-193.
- [13] 刘元寿, 张永茂, 颜敏华. 等. 果蜡保鲜剂配方优化研究[J]. 甘肃农业科技, 2005, 2: 26-28.  
Liu YS, Zhang YM, Xie MH, *et al.* Study on optional composition containing plant regulators and fungicide in fruit wax [J]. Gansu Agric Sci Tech, 2005, 2: 26-28.
- [14] 李玉梅, 李梅, 王学喜. 3种保鲜剂对常温贮藏早酥梨保鲜效果的影响[J]. 甘肃农业科技, 2009, 8: 16-18.  
Li YM, Li M, Wang XX. Effects of three kinds of preservatives on fresh preservation effect of asian pear (cv. zaosu) at ambient temperature storage [J]. Gansu Agric Sci Tech, 2005, 2: 26-28.
- [15] 牛锐敏, 陈雀民. 纳米果蜡对两种枣常温保鲜效果的影响[J]. 北方园艺, 2009, (7): 239-240.  
Niu RM, Chen QM. Effects of nano fruit wax coating on the prevention of two kinds of jujube at ambient temperature [J]. North Hortic, 2009, (7): 239-240.
- [16] 葛霞, 田世龙, 黄铮. 等. 纳米果蜡与1-甲基环丙烯复合处理对“台农”芒果保鲜效果的影响[J]. 食品工业科技, 2011, 32(7): 363-367.  
Ge X, Tian SL, Hang Z, *et al.* Effect of nano-fruit wax coating with 1-methylcyclopropene on keeping fresh of mango fruits [J]. Sci Tech Food Ind, 2011, 32(7): 363-367.
- [17] 朱振家, 杨瑞. 不同类型果蜡对常温贮藏甜瓜保鲜效果的影响[J]. 农产品加工, 2013, 10: 18-20.  
Zhu ZJ, Yang R. Effects of various kinds of fruit wax coatings on melon fruits under ambient temperature [J]. Acad Per Farm Prod Proc, 2013, 10: 18-20.
- [18] 郑林彦, 韩涛. 国内切割果蔬的保鲜研究现状[J]. 食品科学, 2005, S1: 125-127.  
Zheng LY, Han T. The present situation of study on fresh-cut products [J]. Food Sci, 2005, S1: 125-127.
- [19] 张葵, 张义刚, 周心智. 等. 不同果蜡处理对默科特柑橘常温贮藏效果的影响[J]. 保鲜与加工, 2011, 11(5): 13-16.  
Zhang G, Zhang YG, Zhou XZ, *et al.* Effects of various fruit wax coatings on 'murcott' citrus fruits at normal temperature storage [J]. Stor Proc, 2011, 11(5): 13-16.
- [20] 张义刚, 周心智, 张云贵. 等. 蜡液处理对“长叶橙”贮藏效果的影响研究[J]. 农学学报, 2011, 1(7): 43-45.  
Zhang YG, Zhou XZ, Zhang YG, *et al.* Effects of waxing on storage of long leaf orange citrus fruits [J]. J Agric, 2011, 1(7): 43-45.
- [21] 张葵, 周心智, 张义刚. 等. 蜡液处理对橘橙7号贮藏保鲜效果的影响研究[J]. 农产品加工, 2011, 8: 19-21.  
Zhang Y, Zhou XZ, Zhang YG, *et al.* Effects of various coatings on storage of 'nova' citrus fruits [J]. Acad Per Farm Prod Proc, 2011, 8: 19-21.
- [22] 王卫锋, 吴冬, 李共国. 等. 虫胶果蜡涂膜对货架期蜜梨品质的影响[J]. 食品科技, 2013, 38(3): 42-44.  
Wang WF, Wu D, Li GG, *et al.* Effect of propolis fruit wax coating on the pear quality of shelf life [J]. Food Sci Tech, 2013, 38(3): 42-44.
- [23] 陈友清, 冯先桔, 程绍南. CCF水果涂膜剂对柑橘果实贮藏保鲜效应的研究[J]. 浙江柑橘, 2003, 20(4): 27-28.  
Chen YQ, Feng XJ, Cheng SN. Study on CCF coatings on storage of citrus fruits [J]. Zhejiang Tangerine, 2003, 20(4): 27-28.
- [24] 陈亚敏, 陈复生, 杨宏顺. 可食用膜在果蔬保鲜中的研究进展[J]. 农业机械, 2012, 30: 106-109.  
Chen YM, Chen FS, Yang HS. Review on edible coating on storage of fruit and vegetable [J]. Farm Mach, 2012, 30: 106-109.
- [25] Shahidi F, Arachchi JKV, Jeon YJ. Food applications of chitin and chitosans [J]. Trend Food Sci Tech, 1999, 10(2): 37-51.
- [26] 董泽义, 谭丽菊, 王江涛. 壳聚糖保鲜膜研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2014, 06: 147-151.

- Dong ZY, Tan LJ, Wang JT. Review on chitosan film [J]. Food Ferm Ind Edit Staff, 2014, 06: 147-151.
- [27] 张敏, 洪伯铿, 王专. HCF 保鲜剂的研制及其在桃保鲜中的应用研究[J]. 食品科技, 2004, (1): 86-88.  
Zhang M, Hong BQ, Wang Z. Research on HCF keeping fresh agents and applications to peach [J]. Food Sci Tech, 2004, (1): 86-88.
- [28] 关丽, 黄国程, 杨宝芸, 等. 壳聚糖复合膜剂的制备及性能研究[J]. 海峡药学, 2014, 1: 25-28.  
Guan Li, Huang GC, Yang BY, *et al.* Preparation and characteristics of composite chitosan membranes [J]. Strait Pharm J, 2014, 1: 25-28.
- [29] 张洪, 王明力, 和岳, 等. 纳米 SiO<sub>2</sub> 对壳聚糖膜透氧透湿可调性的研究[J]. 高校化学工程学报, 2014, 4: 870-875.  
Zhang H, Wang ML, He Y, *et al.* Effects of Nano-SiO<sub>2</sub> on controlling oxygen and water vapor permeability of chitosan composite films [J]. J Chem Eng Chin Univ, 2014, 4: 870-875.
- [30] 杨礼安. 一种中药保鲜果蜡的生产方法 [P]. CN101828597A, 2010-09-15.  
Yang LA. Production method of traditional Chinese medicine preservative fruit wax [P]. CN101828597A, 2010-09-15.
- [31] 何炜静, 赵斌, 吴旒, 等. 中药保鲜果蜡的制备及对芒果保鲜效果的研究[J]. 中国果菜, 2011, 3: 54-55.  
He WJ, Zhao B, Wu Y, *et al.* Preparation of traditional Chinese medicine fresh fruit wax and the study of mango preservation effect [J]. China Fruit Veget, 2011, 3: 54-55.
- [32] 胡云峰, 邢亚阁, 封丽, 等. 含纳他霉素天然保鲜果蜡的制备与应用[J]. 农业机械学报, 2009, 3: 139-142.  
Hu YF, Xing YG, Feng L, *et al.* Applications and preparation of natural fruit wax with natamycin [J]. Transact Chin Soc Agric Mach, 2009, 3: 139-142.
- [33] 王娟, 陈平生, 孟祥春. 复合涂膜结合紫外处理对鲜切木瓜冷藏品质的影响[J]. 农业工程学报, 2012, 2: 273-278.  
Wang J, Chen PS, Meng XC. Effects of compound coating combined with ultraviolet treatment on quality of cold storage fresh-cut papaya [J]. Transact Chin Soc Agric Eng, 2012, 2: 273-278.
- [34] 黄雯, 常有宏, 简经, 等. 不同保鲜膜材料对翠冠梨货架期品质的影响[J]. 保鲜与加工, 2011, 11(11): 21-24.  
Huang W, Chang YH, Lin J, *et al.* Effects of different preserving materials on quality of cuiguan pear during shelf life [J]. Stor Proc, 2011, 11(11): 21-24.
- [35] Hyun JP. Development of advanced edible coatings for fruits [J]. Trend Food Sci Tech, 1999, 10: 254-260.
- [36] Baldwin EA, Burns JK, Kazokasc W, *et al.* Effect of two edible coatings with different permeability characteristics on mango (*Mangifera indica* L.) ripening during storage [J]. Post Bio Tech, 1999, 17(3): 215-226.
- [37] 陈燕妮, 胡位荣, 黄雪梅, 等. 蜡处理对砂糖桔贮藏期间果实的影响[J]. 广东农业科学, 2007, 10: 64-67.  
Chen YN, Hu WR, Huang XM, *et al.* Effects of soluble wax treatment on postharvest physiology of Shatang mandarin [J]. Guangdong Agric Sci, 2007, 10: 64-67.
- [38] 黄铮, 庞中存, 李梅, 等. 常温条件下果蜡涂膜与 1-MCP 对红五星苹果果实采后生理的影响[J]. 甘肃农业科技, 2009, 6: 8-11.  
Huang Z, Pang ZC, Li M, *et al.* Effect of fruit wax coating and 1-MCP on storkrimson stored at ambient temperature [J]. Gansu Agric Sci Tech, 2009, 6: 8-11.
- [39] Park HJ. Development of advanced edible coatings for fruits [J]. Trend Food Sci Tech, 1999, 10: 254-260.
- [40] Aworh OC, Nwankwo CF, Olorunda AO. Control of post-harvest losses in citrus fruit under tropical conditions: effects of wax and fungicide [J]. Trop Sci, 1991, 31(2): 177-182.
- [41] Deng Y, Zhu LW, Luo W. Effects of chitosan-bee wax composite coating on physiology and quality of frozen yellow-flesh peach [J]. Tran CSAE, 2010, 26(4): 368-374.
- [42] 王文果, 黄泳梅, 刘胜龙. 涂蜡对红桔货架期果实营养品质的影响[J]. 广东热带农业, 2005, 6: 1-4.  
Wang WG, Huang YM, Liu SL. Wax on the shelf life of tangerine fruit nutritional quality [J]. Guangdong Trop Agric, 2005, 6: 1-4.
- [43] Petracek PD, Dou H, Pao S. The influence of applied waxes on postharvest physiological behavior and pitting of grapefruit [J]. Postharvest Bio Tech, 1998, 14(1): 99-106
- [44] 袁蒙蒙, 高丽朴, 王清, 等. 壳聚糖涂膜减轻黄瓜冷害的研究[J]. 湖北农业科学, 2012, 10: 2016-2020.  
Yuan MM, Gao LP, Wang Q, *et al.* Study on reducing chilling injury of cucumber by chitosan coating [J]. Hubei Agric Sci, 2012, 10: 2016-2020.
- [45] Navarro-Tarazaga ML, Pérez-Gago MB. Effect of edible coatings on quality of mandarins CV. Clementules [J]. Proc Fla State Hort Soc, 2006, 119: 350-352.
- [46] Marcilla A, Martinez M, Carot JM, *et al.* Relationship between sensory and physico-chemical quality parameters of cold stored 'Clementules' mandarins coated with two commercial waxes [J]. Span J Agric Res, 2009, 7: 181-189.
- [47] Tietel Z, Bar E, Lewinsohn E, *et al.* Effects of wax coatings and postharvest storage on sensory quality and aroma volatile composition of 'Mor' mandarins [J]. J Sci Food Agric, 2010, 90: 995-1007.
- [48] Ncumisa NS, Erasmus A, Van Zyl JG, *et al.* Effects of citrus wax coating and brush type on imazalil residue loading, green mold control and fruit quality retention of sweet oranges [J]. Postharvest Bio Tech, 2013, 86: 362-371.
- [49] 庞杰, 连予生, 李正国. 涂蜡对柑橘青绿霉菌的影响[J]. 山地农业生物学报, 2000, 19(6): 436-438.  
Pang J, Lian YS, Li ZG. Effect of wax on the green mold of citrus [J]. J Mount Agric Bio, 2000, 19(6): 436-438.
- [50] 程琳琳, 郭福阳, 肖丽梅, 等. Sta-Fresh 果蜡处理对新疆小白杏采后品质的影响[J]. 食品工业科技, 2012, 7: 371-374.  
Cheng LL, Guo FY, Xiao LM, *et al.* Effect of sta-fresh fruit wax on postharvest quality of Xinjiang 'Xiaobai' apricots [J]. Sci Tech Food Ind, 2012, 7: 371-374.

(责任编辑: 杨翠娜)

## 作者简介



姜楠, 硕士, 主要研究方向为农产品质量安全与标准。

E-mail: jiangnan\_fx@163.com



冯晓元, 博士, 研究员, 主要研究方向为果品质量与安全。

E-mail: fengxiaoyuan2014@126.com