

果蔬保鲜材料研究进展

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2017.05.013

李敏¹ 陈广学^{1,2} 俞朝晖¹
郭蕊¹ 黄校军¹

1. 深圳市裕同包装科技股份有限公司
广东 深圳 518000
2. 华南理工大学 制浆造纸工程国家重点实验室
广东 广州 510640

摘要: 影响果蔬新鲜度的因素有温度、湿度、气体组分、微生物和保鲜材料等。综述了保鲜剂、保鲜膜、保鲜纸箱3种保鲜材料的保鲜原理与保鲜效果。保鲜剂存在一定危害性及生产成本高的问题;保鲜膜不可降解,易造成环境污染;功能性保鲜纸箱属于环境友好型产品,是果蔬保鲜包装的主要发展趋势之一;保鲜材料辅以适度的低温处理将是未来果蔬保鲜的研究方向。

关键词: 果蔬保鲜材料;保鲜剂;保鲜膜;保鲜纸箱

中图分类号: TB485.6 **文献标志码:** A

文章编号: 1674-7100(2017)05-0086-09

随着生活水平的提高,人们对果蔬的需求量越来越大,同时对其新鲜度和营养价值的要求也越来越高,安全、高效、环保、低成本的保鲜方法成为进一步扩大果蔬销售市场的重要前提和基本保障。果蔬采后虽然脱离了植株,但仍持续进行着物质和能量代谢。要想达到有效的保鲜效果,首先要了解影响果蔬新鲜度的各类因素,包括温度、湿度、气体组分、微生物和保鲜材料等。譬如,保持适度的低温可以抑制果蔬的呼吸作用和有关酶的活性,从而减缓新陈代谢;维持适当的湿度,可以减少果蔬体内水分的蒸发;调节包装内环境中氧气与二氧化碳气体的比例,能够在一定程度上降低果蔬的呼吸强度,减缓新陈代谢;消除包装内的乙烯可以减缓果蔬的熟化程度;杀灭包装内的微生物病菌可以防止内容物被污染而导致的腐败。目前,用于果蔬保鲜的主要材料包括保鲜剂、保鲜膜、保鲜纸箱3类,本文通过对国内外研究文献的梳理,归纳了这3类保鲜材料的类型,并对其保鲜原理、优劣势进行了分析。

1 保鲜剂

保鲜剂通常可以分为化学保鲜剂和生物保鲜剂

两大类。化学保鲜剂是将化学药品(如硼砂、硫酸钠、邻苯酚、氯硝胺等)按照一定比例配制而成。生物保鲜剂是利用从动植物或微生物体内提取出来的、具有保鲜功能的天然成分(如壳聚糖、溶菌酶、薄荷油等)配制而成。传统保鲜剂的使用方式较简单,可以用保鲜剂熏蒸、喷涂或浸泡果蔬,也可以将保鲜剂与果蔬一同置于包装内环境中,以保持果蔬的新鲜度^[1]。Wang S. Y.等^[2]研究发现,将壳聚糖涂覆于草莓外表皮,在一定程度上能够延长草莓的保质期。这是因为在果蔬的外表面涂覆一层保护膜能够堵塞表皮孔隙,减少水分流失,同时也能抑制呼吸强度;此外,该薄膜层将果蔬与外界环境隔离,避免果蔬受到微生物病菌侵染,从而降低腐败率。

1.1 化学保鲜剂

化学保鲜剂使用方便、价格便宜,在果蔬保鲜领域应用广泛。按照保鲜原理,化学保鲜剂可分为吸附型和杀菌抑菌型两大类。

吸附型保鲜剂可以通过吸附乙烯、氧气和二氧化碳等气体来调节包装内的气体组分,从而达到保鲜的目的。乙烯对果蔬具有催熟作用,如果包装内环境中乙烯含量过高,会加速被包装果蔬的熟化程度,不利

收稿日期: 2017-05-17

基金项目: 深圳市战略性新兴产业和未来产业发展专项资金 2016 年第二批扶持计划基金资助项目(2016.939)

作者简介: 李敏(1989-),女,河北廊坊人,深圳市裕同包装科技股份有限公司工程师,主要研究方向为智能包装,
E-mail: 1263473709@qq.com

通信作者: 陈广学(1963-),男,河南杞县人,华南理工大学教授,博士,博士生导师,主要从事数字印刷,印刷图像处理
和印刷包装材料方面的研究, E-mail: chengx@scut.edu.cn

于保鲜。乙烯吸收剂能够有效吸收包装内环境中的乙烯,以减缓果蔬熟化程度。此外,氧气和二氧化碳的含量也决定着果蔬的代谢快慢,从而影响果蔬的贮藏质量。一方面,由于植物线粒体中电子传递链的末端氧化酶对于氧气有很高的亲和力,所以包装内环境中的氧气质量分数一般不超过10%,但也不能低于2%,因为氧气浓度过低,会引起果蔬厌氧呼吸;另一方面,较高浓度的二氧化碳可以抑制三羧酸循环中酶的活性,降低细胞液的pH值,从而延长果蔬的保鲜期^[3]。

杀菌抑菌型保鲜剂可以抑制、杀灭有害病菌,保证果蔬免受微生物病菌的危害,降低腐败率。例如,用珠海真绿色技术有限公司生产的新鲜喜香蕉保鲜剂(质量分数为25%的异菌脲悬浮剂)对香蕉进行2 min的浸泡处理,可以抑制真菌孢子的萌发和菌丝生长,影响病原菌的各生命阶段,实现抗菌保鲜功效。经过该保鲜剂处理后,香蕉新鲜度更高,蕉皮润泽,切口洁净。该公司生产的另外一款针对柑橘的保鲜剂,其主要成分包括咪鲜胺和抑霉唑。这种保鲜剂对柑橘储运过程中的各种病害均有良好的抑制作用,保鲜后的柑橘果皮鲜亮,果蒂青绿,原有风味得以较好保存,提升了柑橘的商品价值。

吸附型和杀菌抑菌型这两大类化学保鲜剂在一定程度上都能实现良好的保鲜效果。虽然适量的化学保鲜剂不会对人体健康造成危害,但是人们对其残留的危害性始终保持谨慎态度,因此,化学保鲜剂的应用受到限制。

1.2 生物保鲜剂

近年来,随着人们环保意识和食品安全警惕性的提高,对果蔬保鲜剂的要求也越来越高。相对于存在安全隐患的化学保鲜剂而言,生物保鲜剂则凭借其材料来源广、安全无毒害等优势,在果蔬保鲜中得到了愈来愈广泛的关注与应用。生物保鲜剂按照材料来源,可分为微生物源、动物源和植物源保鲜剂3类^[4]。

1.2.1 微生物源保鲜剂

微生物源保鲜剂通过以菌克菌的方式来实现保鲜功能,即用微生物与有害微生物的竞争关系来抑制有害微生物的生长。R. Trias等^[5]研究发现,用乳酸菌处理苹果可以有效降低沙门氏菌和大肠杆菌的存活率,并能完全抑制单核增生李斯特菌的存活。A. Chanchaichaoivat等^[6]研究发现,毕赤酵母和假丝酵母可以有效降低泰国辣椒的炭疽病菌发病率和感染率,对辣椒起到良好的保鲜效果。除了微生物本身,

其所分泌的代谢产物,如抗生素、溶菌酶、细菌素、蛋白酶、过氧化氢、有机酸和胞外多糖等^[7],可以在果蔬外表皮形成一层致密的生物保鲜膜,这层保鲜膜可以抑制果蔬的呼吸强度,减少水分的蒸发,防止有害细菌的侵染^[8]。如蜡样芽胞杆菌可在绿茶茶叶表面分泌形成一层生物膜,阻止茶叶与氧气的接触,减缓茶叶的氧化^[9]。从土壤中分离出来的链霉菌能够分泌两种普霉素,这两种物质对荔枝霜疫霉均有较强的抑制作用^[10]。

微生物源保鲜剂虽然能够解决人们担心的化学药物残留问题,但是由于技术成本偏高,且我国对此研究还处在起步阶段,因此实际应用甚少。

1.2.2 动物源保鲜剂

动物源保鲜剂利用从动物体内提取出具有抗菌性能的物质配制而成。研究较多的抗菌物质有溶菌酶、壳聚糖、蜂胶、鱼精蛋白等。溶菌酶能够水解细菌细胞壁的肽聚糖,在渗透压差的作用下使细胞胀裂,从而导致细菌裂解死亡^[11]。用质量分数为0.05%的溶菌酶对梨进行涂膜保鲜,可以抑制梨子的呼吸作用,延缓果实衰老和硬度下降,表现出了良好的抗菌保鲜效果^[12]。壳聚糖的保鲜机理主要体现在3个方面:一是壳聚糖所形成的膜层阻碍了细胞的物质交换,进而抑制细菌生长;二是壳聚糖进入细胞后会通过吸附带有阴离子的细胞质发生絮凝作用,扰乱细胞正常生理活动,从而杀灭细菌;三是壳聚糖能够调节果蔬体内与抗病相关酶的活性,提升果蔬的抗病能力^[13-14]。如采用质量分数为1.5%的壳聚糖涂膜液对草莓进行涂膜处理后,将其置于20℃环境下,4 d内草莓均未发生腐烂^[15]。蜂胶不仅具有芳香气味,还具有极强的抑菌性、抗氧化性和易成膜性,将其用于保鲜包装,可延长草莓^[16]、雪花梨^[17]和鲜枣^[18]的保鲜期。鱼精蛋白作为一种从鱼体内提取出的碱性蛋白,通过影响细胞的物质交换和新陈代谢杀灭腐败菌^[19]。

动物源保鲜剂的保鲜成分在提取和纯化时还不够精细,动物体内的残留毒物也可能影响保鲜剂的安全性,保鲜剂的用量问题也有待完善,整体研究还存在一定的不足。

1.2.3 植物源保鲜剂

自然界中许多植物所含的成分也具有保鲜功能,按照成分的性质差异可以分为植物精油类、酚类、中草药类等。

植物精油是从某些芳香植物的根、茎、叶、果实

等结构中提取的挥发性油脂。植物精油具有广谱抗菌性、安全无毒、使用便捷的特点,这使其在果蔬保鲜中极具应用和研究价值。N. Matan 等^[20]的研究结果显示,肉桂精油、丁香精油、茴香精油和薄荷精油对于引起槟榔腐烂的毛霉、青霉、根霉和黑曲霉均有抗菌作用,并且肉桂精油的抑菌效果最突出。玫瑰精油不仅可以维持草莓采后贮藏期的品质,还可以改善草莓的外观^[21]。研究表明,峨眉含笑精油对 VC 和还原性糖的含量下降有抑制作用,还可以有效地降低果实的失水率,质量比为 $4 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 的峨眉含笑精油对提高冬枣过氧化氢酶活性有一定作用,可以起到延缓冬枣果实衰老、延长保鲜期的效果;丁香精油和丁香酚可以降低苹果的褐变指数和呼吸速率,同时能够抑制贮藏期苹果的硬度、糖度和可滴定酸的下降,使其含量维持在一个较高的水平,有利于保持苹果的风味;肉桂精油和百里香精油对番茄、枣、樱桃、葡萄和甜橙均能发挥特异性的抑菌作用,实现优良的保鲜功效^[22]。然而,植物精油具有较强的挥发性,为了提高其在保鲜过程中的稳定性,达到持久发挥保鲜功效的目的,有关研究采用了微胶囊缓释技术来改善植物精油的保鲜性能。例如黎星辰等^[23]以肉桂精油为芯材,以 β -环糊精和壳聚糖为壁材制备的微胶囊保鲜剂,在一定条件下,芯材能够缓慢、持久地释放,实现对大豆优良的保鲜效果。

茶多酚作为一种安全无毒的天然成分,其在果蔬防腐保鲜方面的应用引起了研究人员越来越广泛的关注。茶多酚之所以能够发挥保鲜功效,主要因为其具有较强的供氢能力、一定的抗氧化能力和抑菌能力,是一种理想的抗氧化剂。经茶多酚处理后的果蔬,呼吸强度降低,乙烯的合成受到抑制,生化活动得到调节,因而其保质期被延长。此外,茶多酚对于金黄色葡萄球菌、枯草杆菌、沙门氏菌、变形杆菌等近百种细菌均体现出较强的抗菌、抑菌性能,主要机理是破坏细胞的完整性和干扰代谢活动,以使果蔬免受病菌侵染,保证品质的完好^[24-25]。如用一定浓度的茶多酚对火龙果进行处理,即可在一定程度上降低腐烂率^[26]。

除上述植物源保鲜剂以外,作为中国三大国粹之一的中草药也能够在果蔬保鲜领域发挥重要作用。中草药提取物之所以能够作为果蔬的保鲜剂,是因为其有效成分抑制了果蔬表面微生物的活动,降低了果蔬中酶的活性及生理活动强度^[27]。例如,由黄连、大黄、

丁香、甘草、肉桂提取液制备的保鲜剂可以有效地降低葡萄的失重率和腐烂率,减缓可溶性固形物含量、可滴定酸含量和还原糖含量的下降速度^[28]。李海燕等^[29]用丁香、蛇床子和补钙脂的复配物对草莓进行处理,也起到了良好的保鲜效果。虽然中草药保鲜效果显著,但对于大部分中草药有效成分的保鲜机理研究尚不明确,因而中草药保鲜剂的产业化应用仍有一定难度。

2 保鲜膜

保鲜膜保鲜是指将果蔬包装在薄膜内,利用其自发地调节包装内环境来达到延长货架期的目的。不同类型的保鲜膜其保鲜的机理亦不尽相同,主要包括抗菌保鲜膜和调节包装内环境气体组分含量的保鲜膜。

2.1 抗菌保鲜膜

抗菌保鲜膜是指将抗菌剂添加到成膜材料中制备的膜层材料。果蔬包装内环境中空气流通性较差,环境湿度偏大,极易导致细菌的滋生,进而诱发果蔬腐烂变质。采用含有抗菌物质的保鲜膜,一是可以防止膜本身微生物的生长,二是可以抑制被包装果蔬上的微生物滋生。在包装过程中保鲜膜所含的抗菌物质通过缓释或者光催化等作用来抑制有害菌的生长,实现对果蔬的保鲜作用。例如加入了金属离子抗菌剂的保鲜薄膜可以缓慢释放出 Ag^+ 、 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 等,抑制微生物酶的合成,从而抑制微生物的生长繁殖^[30]。加入了 SiO_2 、 TiO_2 、 SnO_2 等 N 型半导体材料的光催化抗菌剂的保鲜膜可以吸附 O_2 和 H_2O ,并将其氧化成具有强氧化能力的羟自由基 ($\cdot\text{OH}$),以抑制和杀灭包装内环境中的有害微生物。施春荧^[31]制备了纳米 TiO_2/LDPE 薄膜,并用其对毛叶枣进行包装,毛叶枣的保质期在常温状态下可达 18 d,冷藏条件下可达 58 d。

2.2 调节包装内环境气体组分的保鲜膜

不同材质的保鲜膜,对不同气体的透过率也不同。利用薄膜对氧气、二氧化碳、水蒸气的不同透气性来调节包装内环境的气体组分含量,以降低果蔬的新陈代谢活动,延长保鲜期。根据不同的包装需求还可以改善薄膜透气性,方法主要有两种:一种是在薄膜上添加微小气孔来提高薄膜气体透过率;另一种是在薄膜内添加分子筛来调节膜内的气体成分含量。薄膜上具有一定数量的微孔(孔径范围:0.01~10.00

μm), 对气体和水蒸气的透过率较大, 但不能透过液态水。有关研究人员在薄膜中添加多孔矿物(孔径范围: $0.1\sim 100.0\ \mu\text{m}$)后, 制备出的微孔保鲜薄膜可以更有效地调节膜内水蒸气含量。当内环境中水分含量过高时, 多孔矿物会将吸收的水蒸气通过微小孔径释放至膜外; 当内环境水分含量过低时, 多孔矿物可将吸收的水蒸气释放至内环境当中^[32]。另外, 还有一种利用分子筛良好的筛分效应制备出的保鲜膜, 这种膜对二氧化碳和氧气有选择透过性(氧气透过率较低, 二氧化碳透过率较高), 可以调节内环境的气体组分含量, 使被包装果蔬维持较低的呼吸强度。聚乙烯-分子筛复合膜对樱桃表现出优良的保鲜效果^[33]。

果蔬在贮存过程中也会不断产生不利于保鲜的气体, 例如乙烯。利用能够清除不利气体的保鲜膜来降低气体浓度, 以保障果蔬维持稳定、适宜的生命活动强度, 延长保鲜期。这种薄膜一般通过在普通薄膜中添加或者涂覆乙烯吸收剂而制得。譬如, 加入纳米银、高岭土、二氧化钛的聚乙烯薄膜可以吸收乙烯气体, 采用这种薄膜对枣进行包装可以有效减缓枣果实的褐变、失重、变软, 提高其贮藏品质^[34]。日本学者研究的气体吸收型果蔬保鲜薄膜中添加了各种多孔型矿物质, 如方解石、斜方沸石、丝光沸石、煤类活性炭等, 这类多孔型矿物质可以吸收乙烯、二氧化硫等气体^[35]。

以上所述抗菌保鲜膜和调节包装内环境气体组分含量的保鲜膜均能表现出良好的果蔬保鲜效果, 但也都存在一个共性问题, 即不可降解, 会造成环境污染。不可降解的保鲜薄膜的保鲜效果越好, 则其使用量会越大, 即意味着对环境的危害越大, 所以可食性保鲜膜和可降解保鲜膜才是发展的主要趋势。G. Peretto等^[36]利用香芹酚、肉桂酸甲酯和草莓浆制成的可食性保鲜膜对草莓进行包装, 可以明显降低果实的腐烂率, 保证果实硬度和外观的完好。刘鹏^[37]制备的抗菌、可降解丝瓜络/聚乙烯醇/乙烯-醋酸乙烯共聚物复合薄膜对于油菜体现出了良好的保鲜效果。

3 保鲜纸箱

目前, 国内市场果蔬包装使用普通瓦楞纸箱的偏多, 普通瓦楞纸箱只是发挥了简单的储运作用。相比之下, 瓦楞保鲜纸箱的最大优势则在于其不仅可以发挥单纯的储运作用, 而且还能够实现保鲜目的。例如, 果农可以将水果直接放入保鲜纸箱, 即能保证

被包装水果在较长时间内的新鲜度。由于被包装水果与保鲜活性成分的接触面积小, 这降低了水果表面的物质残留, 提高了使用安全性。保鲜纸箱的制作方式主要有4种, 分别为纸基材处理、纸板浸润处理、纸板表面处理和纸板夹层设计^[38]。

3.1 纸基材处理

纸基处理保鲜技术是指制造保鲜纸箱时, 在原有的造纸原料成分中加入具有保鲜功能的原材料或添加剂。在瓦楞纸箱内面纸制造过程中, 通过加入纳米级多孔乙烯气体吸收剂, 可以制造出具有保鲜功能的原纸, 其模型示意图如图1所示。例如以白硅石为原料、二氧化硅为主要成分制备的多孔型粉剂, 由于白硅石对乙烯气体的吸附比活性炭、稀土锆以及沸石都要好, 因此添加该多孔型粉剂的纸张作为里衬纸的瓦楞纸箱具有更好的保鲜效果^[39]。日本食品流通系统协会将硅酸盐碱地的里斯托瓦尔石作为添加剂制备出来的保鲜纸箱同样具有良好的气体吸附性, 能够用于远距离储运^[40]。

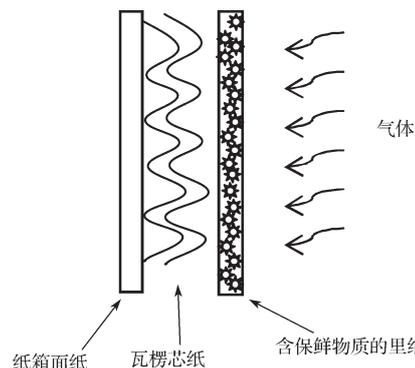


图1 纸基处理后得到的保鲜纸箱模型示意图

Fig. 1 A fresh-keeping carton model with paper-base treatment

3.2 纸板浸润处理

纸板浸润处理技术是利用纸质材料的吸水特性, 在纸板中渗入具有不同保鲜作用的液体成分^[38]。渗入到能纸基材内部间隙的保鲜成分在使用过程中逐渐释放, 达到持续的保鲜效果。

这种技术存在一些弊端, 且液体保鲜成分的渗入在一定程度上会降低纸箱的强度和原有性能。

3.3 纸板表面处理

纸板表面处理技术主要指在纸面进行覆膜(或覆上其他材料)或表面喷涂, 其原理如图2所示。例如, 利用纳米材料对尼龙6进行改性后, 将其涂覆在瓦楞纸箱内表面, 得到的固化复合材料层能够有效地

阻挡气体分子移动,这样可以维持纸箱“氧气浓度低、二氧化碳浓度高”的内环境,在一定程度上可降低被包装果蔬的呼吸强度,从而达到保鲜效果^[41-42]。

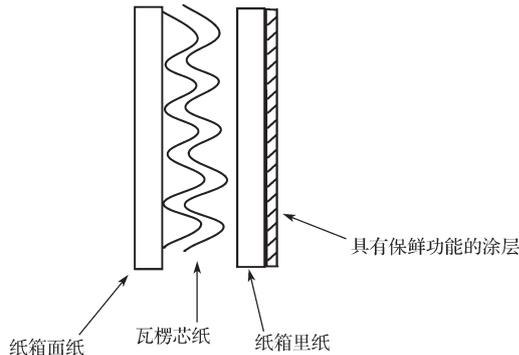


图2 经表面处理得到的保鲜纸箱示意图
Fig. 2 A fresh-keeping carton model with surface treatment

王建清等^[43]将牛至精油与 β -环糊精、壳聚糖配制成涂膜液,并涂覆于瓦楞纸箱内表面,因涂膜液具有强效杀菌能力,所以制得的保鲜纸箱在常温条件下(16~18℃,相对湿度为33%~35%),可以较好地维持草莓的外观品质,降低腐烂率和失重率,延长贮藏期3d。美国曾研制出一款覆有纤维薄膜的保鲜箱,该薄膜能够吸收氧气,同时能使氮气自由通过,这项功能使得包装内环境中氧气含量较低,氮气的体积分数高达98%,从而在一定程度上减缓了被包装果蔬的呼吸强度,起到了保鲜的作用。由日本公司设计的保鲜瓦楞纸箱,内衬纸板上附加有一层聚乙烯膜和一层含有微量纳米级的消毒剂防水蜡涂层,这种结构可以抑制被包装果蔬的呼吸强度和防止水分蒸发,使其保鲜期可长达30d^[40-44]。

除上述覆膜方式外,达成包装制品(苏州)有限公司还生产出一种内壁涂覆有陶瓷粉末保鲜涂层的保鲜纸箱。纸箱的保鲜涂层在常温下能够发出波长为6~14 μm 的红外线,红外线作用于被包装果蔬后,不仅能使果蔬中有关分子活化,提高果蔬抵抗微生物侵蚀的能力,而且还可使有关酶活化,以提高果蔬甜度。应用这种方法制造的纸箱特别适用于包装桃、葡萄、杨梅等产品,保鲜效果较好^[45]。韩国Lee J. Y.等^[46]也通过在纸板上喷涂可释放远红外的功能材料研制出了一款保鲜纸箱。与普通瓦楞纸箱的对比试验结果表明:随着涂布量的增加,纸板的远红外发射强度和发射率均有所增加,并且涂布量大的瓦楞纸箱对柑橘的保鲜效果相对较好。

3.4 夹层设计

将保鲜物质与纸箱结合的方式,除了以上3种外,还有一种是在保鲜纸箱的夹层内添加保鲜层,保鲜层与内容物不会直接接触,更安全、绿色、环保。

韩国科研工作者就曾研制出一种天然矿物质粉末(mineral starch, MS),该粉末是从天然石头上萃取出来、采用纳米技术制成的一种天然无害的产品,甚至可以作为化妆品原料。这种粉末具有很强的气体吸附能力,将含有该材料的玉米黏合剂应用到瓦楞纸箱后,使得纸箱具备了自发吸附有害物质、抑制箱内微生物的生长繁殖、调节箱内温湿度的功能。北京美秀世达贸易有限公司证实,这种纸箱不仅保鲜效果明显,而且具有较高的抗压强度和良好的防潮性能;同时,每平方米五层纸板的纸箱和传统纸箱相比,其成本提高不足10%。这种纸箱不仅可以被应用于水果、蔬菜、鲜花以及以马铃薯为代表的块根农作物包装中,还可被应用于散装食品、工业制品和电子产品等包装中^[47-48]。其结构模型示意图如图3所示。

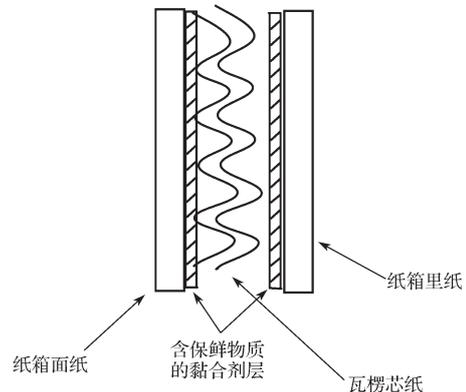


图3 韩国研制的保鲜纸箱结构示意图
Fig. 3 A fresh-keeping carton model researched in South Korea

湖北致和包装印务有限公司对MS配方进行了改进,针对不同果蔬,研发了6种配方,再将改进的MS放置于瓦楞纸箱夹层中,如图4所示。MS纳米果蔬保鲜纸箱已在江西南丰、湖北秭归、云南昆明、海南三亚、山西运城、山东寿光、陕西渭南、新疆哈密等多个国内果蔬原产地进行了大量的果蔬保鲜效果实测和应用,适用于柑橘、桃杏、哈密瓜、甜瓜、葡萄、苹果、香梨、西红柿、黄瓜、萝卜、辣椒、香椿等40个果蔬品种的保鲜包装,其动态、静态测试应用均有较好的保鲜效果。另外,MS纳米果蔬保鲜

纸箱还可根据客户的较好要求(结构、尺寸、图文、厚度)来进行定制化生产,其外观和使用方法与传统纸箱无异。成本上,相较于传统纸箱每平方米MS纳米保鲜材料只增加0.1元,分摊到一个纸箱上,也仅增加0.3元。综合考虑各因素,这种成本低廉、使用方便、保鲜效果较好、无药物残留的保鲜纸箱将具有广阔的市场应用前景^[49-50]。

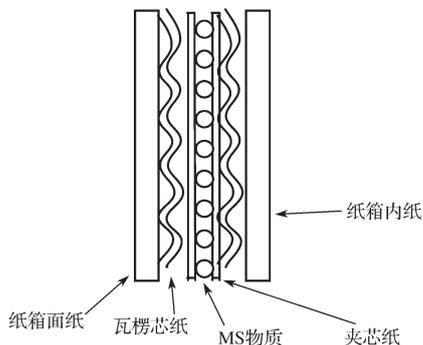


图4 湖北致和保鲜纸箱结构示意图

Fig. 4 A fresh-keeping carton model of Hubei Zhihe

目前国内除了湖北致和以外,山东优元、中煦、致和、景兴、大胜达也成功研发了保鲜纸箱。其中,山东优元的保鲜纸箱也是在瓦楞夹层中加入一种保鲜物质——含高锰酸钾的硅藻土。该物质具有很强的物理吸附功能,能够吸附果蔬在纸箱内挥发出来的乙烯、水蒸气等,同时还会释放负离子,防止滋生有害菌群。

从成本角度考虑,瓦楞保鲜纸板可以机械化大批量生产,生产成本较低。从环保角度考虑,瓦楞保鲜纸箱的主要材料是植物纤维,具有可降解的性能,属于环境友好型产品。保鲜纸箱兼具功能化、经济化和环保化的多重优势,将是果蔬保鲜包装的主要发展趋势之一^[1]。

4 结语

我国已经成为世界最大的水果蔬菜生产国,消费者对于新鲜果蔬的需求越来越大,对营养价值的要求愈来愈高,对价格的承受能力也越来越强。但也不可否认我国果蔬保鲜产业存在生产局域化、组织化程度低、设备不完善、材料或技术种类少水平低等问题,在经济全球化的大趋势下,如何进一步扩大果蔬销售市场成为亟待解决的问题。在我国,果蔬冷链运输成本非常高,如果单纯依靠低温保鲜技术,对于一般果蔬企业而言是很难承受的,因此,为了降低成本,

将更多优质的果蔬销往全国乃至全球,就需要将低温保鲜与高效的保鲜材料相结合这也将是未来果蔬保鲜的主导趋势。

参考文献:

- [1] 沙力争,肖功年,赵会芳.功能性纸质材料在水果保鲜中的应用[J].浙江科技学院学报,2010,22(6):507-511.
SHA Lizheng, XIAO Gongnian, ZHAO Huifang. Application of Functional Paper Materials in Fruit Fresh-Keeping[J]. Journal of Zhejiang University of Science and Technology, 2010, 22(6): 507-511.
- [2] WANG S Y, GAO H. Effect of Chitosan-Based Edible Coating on Antioxidants, Antioxidants Enzyme System, and Postharvest Fruit Quality of Strawberries (*Fragaria x Aranassa Duch.*)[J]. LWT-Food Science and Technology, 2013, 52(2): 71-79.
- [3] 张 愨,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.
- [4] 龙成梅,杨 鼎,杨 卫.果蔬保鲜剂的研究进展[J].广州化工,2014,42(23):44-45.
LONG Chengmei, YANG Ding, YANG Wei. Research Progress of Fruit and Vegetable Preservative[J]. Guangzhou Chemical Industry, 2014, 42(23): 44-45.
- [5] TRIAS R, BAÑ ERAS L, BADOSA E, et al. Bioprotection of Golden Delicious Apples and Iceberg Lettuce Against Foodborne Bacterial Pathogens by Lactic Acid Bacteria[J]. International Journal of Food Microbiology, 2008, 123(1/2): 50-60.
- [6] CHANCHAICHAOVIVAT A, RUENWONGSA P, PANIJPAN B. Screening and Identification of Yeast Strains from Fruits and Vegetables: Potential for Biological Control of Postharvest Chilli Anthracnose (*Colletotrichum Capsici*)[J]. Biological Control, 2007, 42(3): 326-335.
- [7] CLEVELAND J, MONTVILLE T J, NES I F, et al. Bacteriocins: Safe, Natural Antimicrobials for Food Preservation[J]. International Journal of Food Microbiology, 2001, 71(1): 1-20.
- [8] 黄应维,徐 匆,马 裸,等.果蔬微生物保鲜技术的研究进展[J].现代食品科技,2013,29(6):1455-1458.

- HUANG Yingwei, XU Cong, MA Ke, et al. Application of Microbial Preservation Technology in Fruit and Vegetable Preservation[J]. *Modern Food Science and Technology*, 2013, 29(6): 1455-1458.
- [9] HOUŽVIČKA J, PONEC V. Skeletal Isomerization of N-Butene[J]. *Catalysis Reviews*, 1997, 39(4): 319-344.
- [10] 王继栋, 魏孝义, 朱西儒, 等. 荔枝霜疫霉拮抗菌株链霉菌 sp.SC120 抗真菌活性代谢物的研究 [J]. *中国抗生素杂志*, 2002, 27(5): 257-259.
WANG Jidong, WEI Xiaoyi, ZHU Xiru, et al. Antifungal Metabolites of a Streptomyces sp.SC120 Antagonistic to Peronophythora Litchii[J]. *Chinese Journal of Antibiotics*, 2002, 27(5): 257-259.
- [11] 周汉军, 龚吉军, 王 挥, 等. 果蔬天然保鲜剂研究现状及进展 [J]. *食品工业科技*, 2014, 35(22): 376-382.
ZHOU Hanjun, GONG Jijun, WANG Hui, et al. Research Progress in Natural Preservation of Fruits and Vegetable[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2014, 35(22): 376-382.
- [12] 韩艳丽, 张绍铃, 吴 俊, 等. 溶菌酶对丰水梨果实贮藏保鲜效果的影响 [J]. *果树学报*, 2008, 25(4): 537-541.
HAN Yanli, ZHANG Shaoling, WU Jun, et al. Effect of Lysozyme Coating Treatments on the Storability of Hosui Pear Fruit[J]. *Journal of Fruit Science*, 2008, 25(4): 537-541.
- [13] 赵希荣. 壳聚糖防腐抗菌剂的研究 [D]. 无锡: 江南大学, 2006.
ZHAO Xirong. Research on Preservatives and Antimicrobials Derived from Chitosan[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2006.
- [14] 阳元娥, 罗发兴, 谭 伟. 新型的天然食品保鲜剂: 壳聚糖 [J]. *武汉轻工大学学报*, 2002(3): 22-25.
YANG Yuan'e, LUO Xingfa, TAN Wei. A New Crude Food Preservative: Chitosan[J]. *Journal of Wuhan Polytechnic University*, 2002(3): 22-25.
- [15] HERNÁNDEZ-MUÑOZ P, ALMENAR E, OCIO M J, et al. Effect of Calcium Dips and Chitosan Coatings on Postharvest Life of Strawberries (*Fragaria*, *X Ananassa*) [J]. *Postharvest Biology & Technology*, 2006, 39(3): 247-253.
- [16] 刁春英, 高秀瑞, 张 玲. 蜂胶提取物对草莓室温保鲜效果的研究 [J]. *食品科技*, 2013, 38(1): 248-252.
DIAO Chunying, GAO Xiurui, ZHANG Ling. The Effects of Extracts of Propolis on Fresh-Keeping of Strawberry at Room-Temperature[J]. *Food Science and Technology*, 2013, 38(1): 248-252.
- [17] 刁春英, 闫洪波, 刘月英, 等. 蜂胶提取物对雪花梨的保鲜效果 [J]. *北方园艺*, 2013(18): 136-138.
DIAO Chunying, YAN Hongbo, LIU Yueying, et al. Effects of Propolis Extracts on Fresh-Keeping of 'Xuehua' Pear[J]. *Northern Horticulture*, 2013(18): 136-138.
- [18] 郭东起, 王群霞, 侯旭杰. 蜂胶涂膜对圆脆鲜枣贮藏保鲜效应 [J]. *食品科技*, 2012, 37(4): 26-30.
GUO Dongqi, WANG Qunxia, HOU Xujie. Effect of Propolis on the Preservation of Fresh Jujubes[J]. *Food Science and Technology*, 2012, 37(4): 26-30.
- [19] MILLER B F, ABRAMA R, DORFMAN A, et al. Antibacterial Properties of Protamine and Histone[J]. *Science*, 1942, 96(2497): 428-430.
- [20] MATAN N, SAENKRAJANG W, MATAN N. Antifungal Activities of Essential Oils Applied by Dip-Treatment on Areca Palm (*Areca Catechu*) Leaf Sheath and Persistence of Their Potency upon Storage[J]. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 2011, 65(1): 212-216.
- [21] SHIKOV V, KAMMERER D R, MIHALEV K, et al. Antioxidant Capacity and Colour Stability of Texture-Improved Canned Strawberries as Affected by the Addition of Rose (*Rosa Damascena* Mill.) Petal Extracts[J]. *Food Research International*, 2012, 46(2): 552-556.
- [22] 王 卿, 祁芳斌, 陈发兴, 等. 植物精油对果蔬贮藏保鲜的应用研究进展 [J]. *福建广播电视大学学报*, 2014(1): 89-94.
WANG Qing, QI Fangbin, CHEN Faxing, et al. Research Progress on Application of Plant Essential Oil in Storage and Preservation of Fruits and Vegetables[J]. *Journal of Fujian Radio & TV University*, 2014(1): 89-94.
- [23] 黎星辰, 伍彦婷, 张大凤, 等. 肉桂精油微胶囊保鲜剂对大豆储藏过程中品质指标影响 [J]. *食品工业*, 2016(9): 4-7.
LI Xingchen, WU Yanting, ZHANG Dafeng, et al. Study on Effects of Cinnamon Essential Oil Microcapsule Preservative in Quality Indexes of Soybean During Storage Period[J]. *Food Industry*, 2016(9): 4-7.
- [24] 张宇航, 王荣荣, 邢淑婕. 茶多酚在果蔬贮藏保鲜中的应用研究进展 [J]. *食品研究与开发*, 2016, 37(11): 210-214.
ZHANG Yuhang, WANG Rongrong, XING Shujie. Research Progress on Application of Tea Polyphenol in Storage and Preservation of Fresh Fruit and Vegetable[J].

- Food Research and Development, 2016, 37(11): 210-214.
- [25] 陈迪新, 邓元平, 李小静, 等. 茶叶水提取物对草莓保鲜效果的影响 [J]. 食品科学, 2014, 35(2): 310-315.
CHEN Dixin, DENG Yuanping, LI Xiaojing, et al. Effect of Tea Water Extract on Strawberry Preservation[J]. Food Science, 2014, 35(2): 310-315.
- [26] 张绿萍, 金吉林, 邓仁菊. 保鲜剂及保鲜方式对火龙果贮藏时间的影响 [J]. 贵州农业科学, 2011, 39(5): 215-217.
ZHANG Lüping, JIN Jilin, DENG Renju. Effect of Antistaling Agent and Preservation Method on Pitaya Storage[J]. Guizhou Agriculture Science, 2011, 39(5): 215-217.
- [27] PIRNGRUBER G D, SESHAN K, LERCHER J A. Deactivation of Medium Pore Zeolite Catalysts by Butadiene During N-Butene Isomerization[J]. Microporous & Mesoporous Materials, 2000, 38(2/3): 221-237.
- [28] 栗丽萍, 王寿东, 王燕荣. 中草药提取物对巨峰葡萄保鲜效果的研究 [J]. 食品工业, 2013(1): 87-88.
LI Liping, WANG Shoudong, WANG Yanrong. Effect of Chinese Herbal Medicine Extract on Fresh-Keeping of Kyoho Grapes[J]. Food Industry, 2013(1): 87-88.
- [29] 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 Haiyan, LI Hui. Screening of Optimal Ethanol Extracts of Chinese Herbal Medicine for Preserving Strawberry and Effectiveness Evaluation[J]. Food Science, 2012, 33(4): 262-266.
- [30] 李喜宏, 成国祥. PE/Ag 纳米防霉保鲜膜研制 [J]. 食品科学, 2002, 23(2): 129-132.
LI Xihong, CHENG Guoxiang. Preparation of PE/Ag Nanometer Anti Mildew and Fresh-Keeping Film[J]. Food Science, 2002, 23(2): 129-132.
- [31] 施春荧. 纳米 TiO₂/ 聚合物保鲜膜的制备及其在毛叶枣保鲜中的研究应用 [D]. 海口: 华南热带农业大学, 2006.
SHI Chunying. Preparation of Nano TiO₂/Polymer Film and Its Application in Preservation of Chinese Jujube[D]. Haikou: South China University of Tropical Agriculture, 2006.
- [32] 孙耀强, 韩永生. 矿物填充保鲜膜的研制与应用 [J]. 包装工程, 2004, 25(4): 171-172.
SUN Yaoqiang, HAN Yongsheng. Development and Application of the Mineral Filled Fresh-Keeping Film[J]. Packaging Engineering, 2004, 25(4): 171-172.
- [33] 王雪莲, 黄震, 张静, 等. 聚乙烯-分子筛复合膜用于樱桃的保鲜包装研究 [J]. 食品科技, 2010(4): 44-47.
WANG Xuelian, HUANG Zhen, ZHANG Jing, et al. Study on the Application of Polyethylene Molecular Sieve Composite Membrane in the Preservation of Cherry[J]. Food Technology, 2010(4): 44-47.
- [34] LI H, LI F, WANG L, et al. Effect of Nano-Packing on Preservation Quality of Chinese Jujube (Ziziphus Jujuba Mill. Var. Inermis (Bunge) Rehd)[J]. Food Chemistry, 2009, 114(2): 547-552.
- [35] 周晓媛, 蔡佑星, 邓靖, 等. 果蔬保鲜膜的保鲜机理与研究进展 [J]. 食品研究与开发, 2008, 29(11): 148-152.
ZHOU Xiaoyuan, CAI Youxing, DENG Jing, et al. Preservation Mechanism and Research Progress of Fruit and Vegetable Preservation Film[J]. Food Research and Development, 2008, 29(11): 148-152.
- [36] PERETTO G, DU W X, AVENA-BUSTILLOS R J, et al. Increasing Strawberry Shelf-Life with Carvacrol and Methyl Cinnamate Antimicrobial Vapors Released from Edible Films[J]. Postharvest Biology & Technology, 2014, 89(3): 11-18.
- [37] 刘鹏. 抗菌、可降解丝瓜络/PVA/EVA 包装材料的制备及性能研究 [D]. 北京: 北京印刷学院, 2014.
LIU Peng. Research on Preparation and Properties of Antibacterial and Biodegradable Loofah Fiber/PVA/EVA Packaging Material[D]. Beijing: Beijing Institute of Graphic Communication, 2014.
- [38] 杨福馨. 保鲜瓦楞纸箱的研究与开发 [J]. 中国包装工业, 2004(6): 55-57.
YANG Fuxin. Research and Development of the Fresh Corrugated Carton[J]. China Packaging Industry, 2004(6): 55-57.
- [39] 丽琴. 应用纳米技术提升纸箱的保鲜功能 [J]. 中国包装工业, 2006(2): 56-57.
LI Qin. Application of Nanotechnology in Improving the Preservation of Carton[J]. China Packaging Industry, 2006(2): 56-57.
- [40] 陈希荣. 国外保鲜包装箱技术的最新进展 [J]. 中国包装工业, 2007(2): 18.
CHEN Xirong. The Latest Development of Preservation Packaging Technology in Foreign Countries[J]. China Packaging Industry, 2007(2): 18.
- [41] 赵明旭, 王建清. 果蔬保鲜瓦楞纸箱的应用研究 [J]. 印刷技术, 2008(24): 22-23.
ZHAO Mingxu, WANG Jianqing. Study on the Application of Fresh Fruit and Vegetable Corrugated

- Box[J]. Printing Technology, 2008(24): 22-23.
- [42] [佚名]. 果蔬保鲜瓦楞纸箱发展潜力广阔[J]. 中国包装, 2015(4): 74-75.
- [Anon]. Fruit and Vegetable Preservation Corrugated Box Development Potential[J]. China Packaging, 2015(4): 74-75.
- [43] 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 Jianqing, ZHAO Yazhu, JIN Zhengwei, 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.
- [44] 谷悦. 果蔬电商市场促进保鲜瓦楞纸箱产业发展[J]. 中国食品, 2015(4): 90-91.
- GU Yue. Fruit and Vegetable Electricity Supplier Market to Promote the Development of Fresh Corrugated Box Industry[J]. China Food, 2015(4): 90-91.
- [45] 李金玲. 一种远红外辐射功能性瓦楞纸板的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2011.
- LI Jinling. Research on A Far Infrared Functional Corrugated Cardboard[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2011.
- [46] LEE J Y, KIM C H, JUNG H G, et al. Emission of Far-Infrared Ray in Packaging Paper[J]. Palpu Chongi Gisul/Journal of Korea Technical Association of the Pulp & Paper Industry, 2008, 40(5): 47-52.
- [47] 计纲. “创新纸箱”保鲜功能显著[J]. 中国包装工业, 2011(9): 78.
- JI Gang. Significant Preservation Function of Innovative Carton[J]. China Packaging Industry, 2011(9): 78.
- [48] 文思奇. 瓦楞纸箱: 果蔬保鲜新选择[J]. 包装财智, 2012(3): 63-64.
- WEN Siqi. A Corrugated Box: New Choice for Fruit and Vegetable Preservation[J]. Packaging Wealth & Wisdom, 2012(3): 63-64.
- [49] 余浩. 一种纳米保鲜纸箱: 中国, CN204489574U [P]. 2015-07-22.
- YU Hao. A Nano Fresh-Keeping Carton: China, CN204489574U[P]. 2015-07-22.
- [50] 张虹. 纸箱包装新事物: 近距离围观 ms 纳米保鲜纸箱[J]. 工程机械, 2015(2): 7-8.
- ZHANG Hong. Carton Packaging Innovation: MS Nano Carton[J]. Construction Machinery, 2015(2): 7-8.

Research Progress in Materials for Fruit and Vegetable Preservation

LI Min¹, CHEN Guangxue^{1,2}, YU Zhaohui¹, GUO Rui¹, HUANG Xiaojun¹

(1. Shenzhen YUTO Packaging Technology Co., Ltd, Shenzhen Guangdong 518000, China;

2. State Key Laboratory of Pulp and Paper Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: Factors affecting the freshness of fruits and vegetables consist of temperature, humidity, gas composition, microorganism and preservation materials. The preservation principle and preservation effect of three kinds of preservation materials were described. The preservative agent had the defects of being harmful and the high production cost, while the non-degradable plastic film was likely to cause environmental pollution. The functional preservation carton was an environment-friendly product, which represented one of the main development trends of fresh fruit and vegetable packaging. The research direction of future fruit and vegetable preservation would be the fresh-keeping materials with moderate low temperature treatment.

Keywords: materials for fruit and vegetable preservation; preservative; plastic wrap; fresh-keeping carton