

可食性活性涂膜在鲜切果蔬保鲜中的应用

萨仁高娃¹, 胡文忠^{2*}, 修志龙¹, 姜爱丽², 冯可¹

(1. 大连理工大学生命科学与技术学院, 大连 116024; 2. 大连民族大学生命科学学院, 大连 116600)

摘 要: 可食性涂膜是一种由天然可食性材料制成的选择透过性薄膜, 具有调节果蔬内部气体交换、减少水分损失、降低腐烂率及延长货架期的特性, 在果蔬包装及保鲜领域中已引起广泛关注。鲜切果蔬具有新鲜、方便、快捷等特点, 已在全球范围内广泛供应餐饮业及零售业。可食性涂膜作为多种食品添加剂的载体常应用于生鲜产品中, 且将活性添加剂与可食性涂膜结合可以延长鲜切果蔬的货架期, 提高果蔬品质, 减少果蔬表面致腐及致病菌增长的风险。可食性活性涂膜将作为一种绿色、安全、营养的保鲜技术, 并将应用于鲜切果蔬保鲜领域的研究。本文综述了可食性涂膜的分类及其添加的抗菌剂、抗氧化剂、塑形剂、营养素等活性成分在鲜切果蔬保鲜中的应用, 旨在开发用于鲜切果蔬保鲜的功能性可食性涂膜。

关键词: 可食性涂膜; 活性成分; 鲜切果蔬; 保鲜

Application of edible active films coatings on preservation of fresh-cut fruits and vegetables

Sa-Ren-Gao-Wa¹, HU Wen-Zhong^{2*}, XIU Zhi-Long¹, JIANG Ai-Li², FENG Ke¹

(1. College of Life Science and Biotechnology, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China;

2. College of Life Science, Dalian Nationalities University, Dalian 116600, China)

ABSTRACT: Edible film is a kind of selectively permeable membrane which is made of natural edible material. It can coordinate the gas exchange, reduce the water loss and the rot rate, and prolong the shelf-life of fruits and vegetables. Edible coating film has gained a wide concern in the fields of food package and food storage. Fresh-cut fruits and vegetables had the characters of fresh, convenient, and rapid, which were widely applied in catering industry and retail industry. Edible coating as carrier of food adding agent were applied in fresh products. It incorporated with active adding agent that would prolong the shelf life, improve quality of fresh-cut fruits and vegetables, and reduce the increasing of pathogenic bacteria. Edible coating had been applied to preservation for fresh-cut fruits and vegetables as a kind of preservation technology of food safety. The application of edible coating classification and adding active ingredient of antimicrobial, antioxidant, nutrient on fresh-cut fruits and vegetables was reviewed in this paper. The purpose was to develop functional edible coating for preservation on fresh-cut fruits and vegetables.

KEY WORDS: edible films and coatings; active ingredients; fresh-cut fruits and vegetables; preservation

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2012BAD38B05)、国家自然科学基金项目(31471923, 31172009)

Fund: Supported by the National Science and Technology Pillar Program during the 12th Five-Year Plan Period (2012BAD38B05), the National Natural Science Foundation of China (31471923, 31172009)

*通讯作者: 胡文忠, 博士, 教授, 主要研究方向为食品加工与质量安全控制。E-mail: hwz@dlnu.edu.cn

*Corresponding author: HU Wen-Zhong, Professor, College of Life Science, Dalian Nationalities University, No.18, Liaohe West Road, Jinzhou New District, Dalian 116600, China. E-mail: hwz@dlnu.edu.cn

1 引言

鲜切果蔬(fresh-cut fruits and vegetables), 又名半加工(partially processed)果蔬、轻度加工(lightly processed)果蔬、最少加工处理(minimally processed, MP)果蔬或者预制(pre-prepared)果蔬, 是以新鲜果蔬为原料, 经清洗、去皮、切割或切分、修整、包装等加工过程而制成的即食果蔬加工制品^[1]。鲜切果蔬以其新鲜、方便、快捷等特点, 已在全球范围内广泛供应餐饮业及零售业。然而, 最小处理操作改变果蔬的完整性, 并带来一些负面影响, 如褐变、不良风味及组织结构破坏等; 同时, 在果蔬表面存在的微生物也可能会危害果蔬的安全^[2]。可食用膜可以调控水分、氧气或溶质的迁移, 因而能够在一定程度上减少食品在贮藏过程中的汁液流失和干耗, 减少与腐败微生物接触, 并可与被包装食品一起食用, 不会造成环境污染^[3]。可食性涂膜能作为多种食品添加剂的载体, 广泛应用于食品(主要包括新鲜和鲜切果蔬), 添加剂主要包括抗褐变剂、着色剂、风味剂、营养剂、香料及各种抗菌剂, 可以延长食品货架期, 减少食品表面病原菌增长的风险^[4]。

2 可食性涂膜简介

涂膜保鲜技术指将鲜切果蔬浸泡在无色的液态高分子可食性涂膜剂中, 在表层形成半透气薄膜, 达到预防水分蒸发、防止微生物入侵及延长货架期的目的^[5,6]。可食性膜包装的材料大体可分为多糖类、蛋白质类、类脂类及复合型可食性膜^[7]。

2.1 多糖类可食性涂膜

多糖也称聚糖, 是由很多个单糖单位构成的糖类物质。用于可食性涂膜的多糖类物质主要有壳聚糖和甲壳素及其衍生物、淀粉及其衍生物、纤维素及其衍生物、植物胶类(树胶、海藻酸钠、卡拉胶、瓜尔胶、长角豆胶、半乳甘露聚糖、芦荟胶、果胶、葡甘聚糖、魔芋胶等)、茁霉多糖、NPS 多糖、黄原胶、蜂胶等。多糖分子因相互作用形成致密的网状结构而对鲜切果蔬起到隔绝环境的作用, 使果实内部 CO_2/O_2 增加, 避免受外界微生物侵染, 减少果蔬之间机械损伤及腐烂, 防止果蔬水分及营养成分流失。不同多糖可食性涂膜保鲜机制不尽相同, 除了成膜性起到阻隔作用以外, 有些多糖类可食性涂膜还具有抑菌功能, 如壳聚糖, 可渗入到细菌的核中与 DNA 结合, 阻碍 mRNA 与蛋白质的合成, 达到抑菌作用^[8]。

Po-Jung 等^[9]用 0%, 0.5%, 1% 和 2% 的壳聚糖水溶液处理鲜切芒果, 将处理的样品放入塑料托盘并用 PVDC 薄膜包装后贮藏于 6℃。评价感官指标(口感、颜色和水分损失)发现壳聚糖涂膜可以减少水分流失和感官品质下降, 增加可溶性固形物、可滴定酸度和抗坏血酸的含量。涂膜

处理也抑制了微生物的生长, 数据显示, 应用壳聚糖涂膜有效地延长了鲜切芒果的品质特征和货架期。

Olivas 等^[10]研究了海藻酸可食性涂膜保持鲜切苹果质量的能力。将经海藻酸及海藻酸衍生物涂膜处理后的苹果块贮藏于 5℃ (RH 85%), 在贮藏过程中评价失重率、颜色、质地、挥发物、微生物数量、滴定酸度、可溶性固形物等指标。结果显示, 海藻酸延长了鲜切苹果的货架期并不会引起苹果无氧呼吸。海藻酸及其衍生物涂膜均可以降低果实的失重率, 维持果实的硬度, 减缓果实褐变的速度。

2.2 蛋白质类可食性涂膜

以蛋白质为原料制得的可食性涂膜, 按来源分为动物蛋白和植物蛋白, 现在研究的主要有玉米醇溶蛋白膜、大豆分离蛋白膜、小麦面筋蛋白膜、乳清蛋白膜、谷蛋白膜、肌原蛋白膜、酪蛋白膜、卵白蛋白和骨有机质等^[11]。蛋白质膜保鲜机制表现在其阻湿性、阻气性、阻止油脂迁移等阻隔性能, 又因为蛋白膜有特殊的结构, 赋予其功能性, 如含巯基的蛋白质变性时形成双硫键使涂膜具有更好的机械性能。

Ghidelli 等^[12]将一种有抗氧化活性的大豆蛋白可食性涂膜和传统及特殊气调包装结合, 并评价了贮藏期间涂膜处理对鲜切茄子质量的影响, 发现大豆蛋白可食性涂膜可以保持果实硬度, 维持果实重量, 鲜切茄子的货架期可达到 6 d, 添加半胱氨酸并在特殊气调(80 kPa O_2)包装条件下, 货架期还可延长至 8~9 d。

Cortez-Vega 等^[13]将白鲮鱼分离蛋白和有机黏土纳米复合材料结合形成的可食性涂膜, 应用于鲜切木瓜片, 5℃ 贮藏 12 d 以后, 评价涂膜的性质, 并验证涂膜防止重量损失的阻隔作用的有效性, 旨在延长木瓜的货架期。结果显示该可食性涂膜可降低样品重量损失, 减少微生物生长, 硬度、亮度和 pH 也缓慢降低。由于鱼蛋白涂膜的经济性和可行性, 使其在相关行业变得非常有潜力, 它能延长鲜切木瓜货架期, 并不改变样品气味和外观等特征。

2.3 脂类可食性涂膜

脂类可食性涂膜应用较早, 常用的主要有: 脂肪酸及其单甘脂、天然蜡类、表面活性剂以及微生物共聚物等。脂类相对低的极性和易于形成致密分子网状结构的特点, 使其能更好地阻止果蔬产品水分的蒸发, 防止果蔬在运输过程中的机械伤害, 控制产品在贮藏过程中褐斑病的产生。

国内外研究现状可见, 脂类可食性涂膜主要用于保存完整的果实, 且多是和其他类可食性涂膜复配后使用。De León-Zapata^[14]等发现可食性涂膜配方中加入小烛树蜡和田基麻发酵提取液, 可显著降低对苹果外观、失重率、水分活度和硬度的改变($P < 0.05$)。Zambrano^[15]等使用固体脂质纳米粒(SLNs)可食性涂膜增加了番石榴的保质期。鲜

切果蔬的脂类涂膜保鲜主要使用复合型涂膜, 有研究^[16]将木薯淀粉和巴西棕榈蜡复配制得的可食性涂膜用于鲜切苹果保鲜, 并确定了可食性涂膜优化配方为: 每 100 g 涂膜溶液中有木薯淀粉 3.0 g, 甘油 1.5 g, 巴西棕榈蜡:硬脂酸=0.2 g:0.8 g。

脂类涂膜也存在缺点: 膜不能很好地与果蔬产品结合; 透气性较差, 可能造成果蔬无氧呼吸; 膜的厚度与均匀性难以控制; 易于产生蜡质口感; 力学性能较低, 制膜时易产生裂纹或孔洞等。研究此类涂膜时, 应通过和其他涂膜结合的方法来避免上述问题的出现。

2.4 复合型可食性涂膜

以几种成膜剂(如多糖类、蛋白质类、脂类), 同类或不同类, 混合形成的可食性涂膜称为复合型可食性涂膜, 单一涂膜表现出的不足可以利用复合膜中各个成分的协同作用来解决^[17]。Martíñon^[18]等开发了一个多层可食性涂膜, 用来延长鲜切哈密瓜 4 贮藏时的保质期, 结果显示, 应用多层可食性涂膜(成分: 2%反式肉桂醛, 2%壳聚糖和 1%果胶)可将鲜切哈密瓜的保质期延长至 9 d。另外有将大豆分离蛋白和蜂蜡复合的可食性涂膜用于鲜切洋葱的保鲜, 发现 0.3 g/100 mL Cys 结合大豆分离蛋白-蜂蜡可食性涂膜(40 g/100 g 蜂蜡, 干基质)有助于控制鲜切洋葱酶促褐变, 货架期延长至 4 d, 并没有引起风味改变^[19]。Sipahi^[20]等评价了一种改进的多层抗菌海藻酸钠可食性涂膜的有效性, 涂膜组成为: 海藻酸钠、 β -环糊精、天然抗菌剂、果胶、乳酸钙。研究发现, 除了 2 g/100 g 海藻酸涂膜组, 鲜切西瓜的回收率都很高($P < 0.05$); 涂膜处理显著增加了样品的硬度; 1 g/100 g 和 2 g/100 g 海藻酸涂膜组均使鲜切西瓜的货架期从 7 d(空白)延长至 12~15 d。可见应用 2 g/100 g 海藻酸多层可食性涂膜保持了鲜切西瓜的质量和感官指标, 同时延长了货架期。

3 鲜切果蔬可食性涂膜添加的活性成分

用于鲜切果蔬的可食性涂膜可以作为多种活性成分的载体, 常用添加剂包括抗菌剂、抗褐变剂、塑型剂、营养素、着色剂、调味剂、表面活性剂和乳化剂等。添加了活性成分的可食性涂膜具有一定功能, 能更好地维持鲜切果蔬的质地、水分、重量、颜色、风味等感官指标, 延长鲜切果蔬产品的货架期, 增加产品的营养价值, 抑制微生物的生长, 提高可食性涂膜的成膜性、透气性、保水性和光泽性等。

3.1 抗菌剂

果蔬切割过程中会对果蔬组织结构造成损伤, 破坏原有的自然保护系统, 其切割表面和多汁液的特性为微生物生长和繁殖提供了营养^[21]。蘸取含有抗菌素的水溶液可以有效延长鲜切果蔬的抗菌稳定性, 但是抗菌剂直接用

于鲜切果蔬表面可能会因为活性物质在果蔬表面中和或扩散而使抑菌活性受到限制^[22], 可将可食性涂膜与抗菌活性物质结合, 能有效增加对致病菌和致病菌的抑制作用。

添加到食品中用来抑制微生物的制剂称为抗菌剂或者防腐剂, 允许接触食品的抗菌添加剂, 应该是对哺乳动物和环境的影响是已知且最小毒性的一类天然或合成的化合物^[11]。抗菌剂主要有: 无机酸及其盐类(碳酸盐、碳酸氢盐、亚硝酸盐、亚硫酸盐等)、有机酸及其盐类(乙酸、乳酸、柠檬酸、苹果酸、山梨酸钾等)、壳聚糖、酶类(溶菌酶、过氧化物酶等)、细菌素(乳酸链球菌素等)、精油或其他天然提取物类(肉桂、丁香、柠檬草、牛至等精油或提取物)。

精油(essential oils, EOs)能赋予食品香气, 矫正异味, 还具有抗氧化、抗菌(防腐)等作用, 是一类天然、安全的植物性添加剂, 并被认为是一种 GRAS(generally recognized as safe)物质^[23]。通常植物精油的抑菌过程可通过以下四种方式进行: (1)降低或抑制病菌中分生孢子的产生和萌发, 或破坏其受精作用, 从而抑制或阻断病菌后代继续危害的可能性; (2)导致腐败及致病菌的细胞壁、膜蛋白遭受损伤, 从而影响细胞的生理功能; (3)影响相关细胞器的能量代谢及酶系变化; (4)对微生物 DNA 损伤的影响, 当 DNA 受到损伤时, 微生物的遗传信息和生物体的繁殖会受到很大程度的影响^[24]。植物精油受到越来越广泛的关注, 有很多研究将植物精油作为抑菌剂添加入可食性涂膜中。Mantilla^[25]等评价了结合抗菌剂(β -环糊精和反式肉桂醛)的多层可食性涂膜提高鲜切菠萝的品质和货架期的有效性, 货架期的研究包括测定颜色、质地、pH、可溶性固形物、滴定酸度、 V_c 、水分含量和失重率(每 3~4 d), 对细菌总数、嗜冷菌数、酵母菌数、霉菌菌数进行计数, 并评价了感官指标。结果显示, 反式肉桂醛虽然影响水果的风味, 但在 4 下, 能通过有效抑制微生物生长而延长货架期至 15 d($P < 0.05$), 可食性涂膜也有助于维持鲜切菠萝的颜色、质地和 pH。Salvia-Trujillo 等^[26]研究了添加不同浓度柠檬草精油(0.1、0.5、1% V/V)的纳米乳可食性涂膜对贮藏期间的鲜切富士苹果的安全和质量参数的影响。结果显示, 添加了柠檬草精油的纳米乳可食性涂膜使大肠杆菌的失活率增大增快。0.5%和 1%的柠檬草精油的纳米乳可食性涂膜在 2 周内能完全抑制鲜切苹果上的微生物, 而 0.1%的柠檬草精油的纳米乳可食性涂膜使微生物的数量显著降低; 高浓度的精油可以减少呼吸速率和乙烯生产; 0.5%和 1%的柠檬草精油组样品褐变严重, 而 0.1%组褐变不明显。

细菌素也是现今研究较广泛的一类抗菌剂。Narsaiah 等^[27]将不同浓度的海藻酸钠(1%、1.5%、2% m/V)与细菌素(0%、20% V/V)结合的可食性涂膜用于鲜切木瓜, 并评价了 21 d 期间的相关质量参数如: 硬度、失重率、色泽、顶空气体成分、酸度、总可溶性固形物和微生物数量。结果发现, 贮藏期海藻酸结合细菌素的可食性涂膜涂抹的样品的

微生物菌落数为 10^3 cfu/g, 空白样品的菌落数为 10^7 cfu/g, 该可食性涂膜可使鲜切木瓜可以贮藏 3 周, 而不会引起理化品质和微生物安全性问题。

3.2 褐变抑制剂(抗氧化剂)

水果蔬菜在最小加工处理过程中, 果蔬组织中的酚类物质与氧气大量接触, 在多酚氧化酶(PPO)的催化作用下, 引起醌的积累, 破坏果实中酚-醌平衡, 进而氧化聚合形成褐色色素, 即发生酶促褐变。由于鲜切果蔬的切割面积较大, 酶促褐变严重, 导致产品感官质量显著下降。可食性涂膜能有效降低鲜切果蔬产品与 O_2 的大面积接触, 还能作为褐变抑制剂的载体, 有效改善产品的品质。目前已探明有褐变抑制作用的试剂有: 抗坏血酸及异抗坏血酸类衍生物, 巯基化合物(半胱氨酸、N-乙酰半胱氨酸、二巯苏糖醇等), 羧酸(柠檬酸、草酸等), 谷胱甘肽及一些蛋白质、肽、氨基酸等。

Oms-Oliu 等^[28]研究了含有褐变抑制剂(N-乙酰半胱氨酸 0.75%、谷胱甘肽 0.75% *m/V*)的可食性涂膜(海藻酸 2%、果胶 2%、结冷胶 0.5% *m/V*)对鲜切梨气体成分、抗氧化性能、感官质量和微生物稳定性的影响。发现多糖可食性涂膜可有效阻止鲜切梨的水分流失, 减少乙烯产生; 添加了 N-乙酰半胱氨酸和谷胱甘肽的涂膜不仅使样品上的微生物生长减少, 而且在贮藏 2 周内有效防止梨块褐变, 并不影响水果的硬度; 此外, 发现抗氧化剂有助于保持产品的抗氧化潜力, 含抗氧化剂的海藻酸-果胶-结冷胶涂膜的样品, 维生素 C 和总酚含量增加。

Sharma 等^[29]研究了富含肉桂酸(1 g/L)的黄原胶(2.5 g/L)可食性涂膜对 4 贮藏的鲜切梨(亚洲梨、欧洲梨)质量属性的影响, 结果显示, 肉桂酸作为抗氧化剂添加入黄原胶可食性涂膜后, 抑制了样品褐变的相关酶(PPO、POX)的活性, 阻止总酚类物质氧化成黑色素化合物, 进而延缓样品的氧化褐变, 并分别延长亚洲梨和欧洲梨的货架期至 4 d 和 8 d。

Robles-Sánchez 等^[30]用添加了褐变抑制剂(抗坏血酸和柠檬酸)的海藻酸可食性涂膜包裹鲜切芒果, 将样品贮藏于 4 °C 下, 评价该涂膜对贮藏过程中的鲜切芒果的颜色、生物活性物质含量和抗氧化活性的影响。结果发现, 与不添加褐变抑制剂的海藻酸涂膜和空白相比, 添加了褐变抑制剂(抗坏血酸和柠檬酸)的海藻酸可食性涂膜维持了芒果块的色泽品质(L^* 和色调), 增加了 V_C 含量, 对羟基苯甲酸和鞣花酸浓度增加, 由于抗坏血酸含量增加, 抗氧化性最强。

3.3 塑形剂

组织软化是果蔬质地不良变化的主要表现, 软化的果实汁液漏损, 影响其感官特性及口感, 不利于果蔬的贮藏和运输。鲜切果蔬的切割操作使果实组织变软, 由于细

胞破碎后果胶酶水解果胶, 纤维素结晶度降低, 导致细胞壁变薄、软化。控制鲜切果蔬软化现象一般使用钙盐, Ca^{2+} 可与细胞壁上果胶酸的自由羟基形成交联或键桥, 可增加鲜切果蔬组织硬度, 阻止汁液外渗, 降低呼吸作用, 延缓分解代谢。常用于增加鲜切果蔬硬度的活性物质有氯化钙、抗坏血酸钙、乳酸钙和葡萄糖酸钙、丙酸钙等。

Qi 等^[31]研究了含有抗氧化剂的可食性涂膜(1%壳聚糖, 2%抗坏血酸+0.5%氯化钙, 2%抗坏血酸+0.5%氯化钙+1%壳聚糖)对贮藏过程中最小加工处理的苹果片的影响, 结果显示, 2%抗坏血酸+0.5%氯化钙+1%壳聚糖处理组苹果的硬度最高, 由于氯化钙固化剂, 使苹果片保持硬度。氯化钙试剂使果实组织硬化, 因为 $CaCl_2$ 与细胞壁的果胶酸反应生成果胶酸钙盐, 加强了细胞壁成分中分子之间的结合。

Chong 等^[32]研究了氯化钙结合壳聚糖可食性涂膜对 7 贮藏条件下的鲜切蜜瓜质量和安全的影响。与对照组相比, 贮藏 13 d 后氯化钙+壳聚糖处理组保鲜效果最好, 减少 40%的质量损失, 硬度增加 45%, 整体颜色改变最少, 抑制了微生物的生长。此外, 氯化钙+壳聚糖处理还抑制果胶链降解, 通过原子力显微镜(atomic Force Microscopy, AFM)观察分析果胶纳米结构发现, 果实硬度与碳酸钠可溶性果胶(SSP)密切相关, SSP 链越短越窄则样品硬度越低, 壳聚糖可食性涂膜结合氯化钙协同处理通过 SSP 和钙离子之间的相互作用或质子化壳聚糖, 维持了 SSP 的完整性, 进而延长了鲜切蜜瓜的保质期。

3.4 营养素

可食性涂膜可作为营养物质的载体, 添加营养素后可提高产品的营养价值。现在将营养功能性可食性涂膜用于鲜切果蔬的研究几乎没有, 但有研究将营养强化可食性涂膜用于果蔬保鲜的研究。常添加的营养物质是矿物质或者维生素, 如葡萄糖酸钙、维生素 E、抗坏血酸等。Han 等^[33]将高浓度的钙和维生素 E 添加进壳聚糖可食性涂膜, 将该种涂膜用于新鲜或鲜冻草莓和树莓的保鲜, 发现高浓度的钙和 V_E 不仅没有改变膜的抗菌性和阻湿性, 而且显著增加了新鲜或者冻藏水果的这些相关成分, 每 100 g 涂料包裹的水果含有 34~59 mg Ca 和 1.7~7.7 mg V_E , 而没有添加营养素的水果只包含 19~21 mg Ca 和 0.25~1.15 mg V_E (根据水果的种类和贮藏时间的不同导致含量不同, 所以给出含量范围)。Hernández-Muñoz 等^[34]将添加葡萄糖酸钙的壳聚糖可食性涂膜用于草莓的保鲜, 发现添加葡萄糖酸钙的涂膜, 钙含量的增加, 从而提高了水果的营养价值。

现在有关于将益生菌添加进可食性涂膜的研究, Tavera-Quiroz 等^[35]将低聚果糖和乳杆菌(CIDCA 83114)添加入甲基纤维素涂膜, 用该涂膜作为益生菌载体包裹苹果零食。Kanmani 等^[36]将多种益生菌菌株添加进含不同比例支链淀粉的混合淀粉, 开发了一种新型的可食性涂膜。可

食性涂膜作为益生菌的载体是现在的研究方向,可以将这类功能型涂膜用于鲜切果蔬保鲜的研究, Tapia 等^[37]将双歧杆菌添加入可食性涂膜,将其用于鲜切苹果和木瓜的保鲜,发现海藻酸钠和结冷胶都能支持双歧杆菌,他们认为,研究可行的话,益生菌鲜切果蔬产品打开了一个新的可发展方向。

4 展 望

可食性涂膜用于鲜切果蔬保鲜,除了阻隔性、安全性等优点外,最重要的就是可食性涂膜可以作为添加剂的载体使涂膜具有更多功能性,进而保持鲜切果蔬产品的品质。

添加抗菌剂使可食性涂膜的抑菌能力明显增加,精油作为一种天然抗菌剂,是现在鲜切果蔬保鲜研究的热点。然而现在对精油结合可食性涂膜用于鲜切果蔬保鲜的研究仅限于几种精油(柠檬草^[38]、牛至^[4]、肉桂^[39]、玫瑰草^[39]等),而直接用于新鲜或鲜切果蔬保鲜的精油种类,除了以上列举的几种,还有百里香^[40]、迷迭香^[41]、丁香^[42]、薄荷叶^[43]、罗勒^[43]、柠檬^[44]、鼠尾草^[44]、柏树^[44]、茶树^[44]、马郁兰^[44]、杜松子^[44]、茴香^[44]、香菜^[44]、薰衣草^[44]、马鞭草^[45]、孜然^[46]等精油,所以将精油结合可食性涂膜是鲜切果蔬保鲜研究的发展方向,在防腐的基础上使精油不影响鲜切果蔬的口感、味道,显得尤为重要。

此外,将营养成分添加入可食性涂膜,进而用于鲜切果蔬防腐保鲜的研究较少,是一个研究关注点。由于现在益生菌已经作为一种食品添加剂,广泛用于食品行业,将益生菌或者益生元添加入可食性涂膜,在安全性保证的前提下,提高产品的营养价值,将是一个热点发展方向。

鲜切果蔬作为一种方便、快捷、新鲜、绿色的产品,在市场上的份额逐渐增加,其安全性受到广泛关注。虽然现在对鲜切果蔬防腐保鲜的研究较多,而商品化的保鲜剂几乎没有,所以研发一种高效、安全、方便使用的保鲜剂迫在眉睫。

参考文献

- [1] Lamikanra O. 鲜切果蔬科学、技术与市场[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008.
- [2] Lamikanra O. Fresh-cut fruits and vegetables science, technology and market [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2008.
- [3] Rojas-Graü MA, Soliva-Fortuny R, Martín-Belloso O. Edible coatings to incorporate active ingredients to fresh-cut fruits: a review [J]. Trends Food Sci Tech, 2009, 20(10): 438–447.
- [4] 马青青, 曹锦轩, 周光宏. 功能性可食用膜在生鲜肉和肉制品保鲜中的应用研究进展[J]. 食品科学, 2012, 33(7): 331–335.
- [5] Ma QQ, Cao JX, Zhou GH. Recent advances in functional edible coating film and its applications in preservation of fresh meat and meat products [J]. Food Sci, 2012, 33(7): 331–335.
- [6] Rojas-Graü MA, Raybaudi-Massilia RM, Soliva-Fortuny RC, et al. Apple puree-alginate edible coating as carrier of antimicrobial agents to prolong shelf-life of fresh-cut apples [J]. Postharvest Biol Tec, 2007, 45(2): 254–264.
- [7] 吴晓彬, 胡文忠, 刘程惠, 等. 鲜切果蔬微生物污染及控制研究进展[J]. 食品工业科技, 2011, 32(04): 415–422.
- [8] Wu XB, Hu WZ, Liu CH, et al. Research progress in control and microbial infection of fresh-cut fruits and vegetables [J]. Sci Tech Food Ind, 2011, 32(04): 415–422.
- [9] 孙炳新, 杨金玲, 赵宏侠, 等. 鲜切果蔬包装的研究现状与进展[J]. 食品工业科技, 2013, 34(7): 392–400.
- [10] Sun BX, Yang JL, Zhao HX, et al. Advance in packaging of fresh-cut fruit and vegetables [J]. Sci Tech Food Ind, 2013, 34(7): 392–400.
- [11] 李超, 李梦琴, 赵秋艳. 可食性膜的研究进展[J]. 食品科学, 2005, 26(2): 264–269.
- [12] Li C, Li MQ, Zhao QY. Review on varieties and applications of edible films [J]. Food Sci, 2005, 26(2): 264–269.
- [13] 王伏超, 李军国, 董颖超, 等. 多糖及改性多糖作为涂膜保鲜材料的研究进展[J]. 食品科学, 2012, 33(5): 299–304.
- [14] Wang FC, Li JG, Dong YC, et al. Research progress of application of polysaccharides and modified polysaccharides in film coatings for food preservation [J]. Food Sci, 2012, 33(5): 299–304.
- [15] Po-Jung C, Fuu S, Feng-Hsu Y. Effects of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit [J]. J Food Eng, 2007, 78(1): 225–229.
- [16] Olivas GI, Mattinson DS, Barbosa-Cánovas GV. Alginate coatings for preservation of minimally processed ‘Gala’ apples [J]. Postharvest Biol Tec, 2007, 45(1): 89–96.
- [17] Valencia-Chamorro SA, Palou L, Del Río MA, et al. Antimicrobial edible films and coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables: a review [J]. Crit Rev Food Sci, 2011, 51(9): 872–900.
- [18] Ghidelli C, Mateos M, Rojas-Argudoa C, et al. Extending the shelf life of fresh-cut eggplant with a soy protein–cysteine based edible coating and modified atmosphere packaging [J]. Postharvest Biol Tec, 2014, 95: 81–87.
- [19] Cortez-Vegab WR, Pizatoa S, Souza JTA, et al. Using edible coatings from Whitemouth croaker (*Micropogonias furnieri*) protein isolate and organo-clay nanocomposite for improve the conservation properties of fresh-cut ‘Formosa’ papaya [J]. Innov Food Sci Emerg, 2014, 22: 197–202.
- [20] De León-Zapata MA, Sáenz-Galindo A, Rojas-Molina R, et al. Edible candelilla wax coating with fermented extract of tarbush improves the shelf life and quality of apples [J]. Food Packag Shelf Life, 2015, 3: 70–75.
- [21] Zambrano-Zaragoza ML, Mercado-Silva E, Ramirez-Zamorano P, et al. Use of solid lipid nanoparticles (SLNs) in edible coatings to increase guava (*Psidium guajava* L.) shelf-life [J]. Food Res Int, 2013, 51(2): 946–953.
- [22] Chiumarelli M, Hubinger MD. Stability, solubility, mechanical and barrier properties of cassava starch–Carnauba wax edible coatings to preserve fresh-cut apples [J]. Food Hydrocolloid, 2012, 28(1): 59–67.
- [23] Vázquez MB, Flores SK, Campos SA, et al. Antimicrobial activity and physical properties of chitosan–tapioca starch based edible films and coatings [J]. Food Res Int, 2009, 42(7): 762–769.

- [18] Martiñon ME, Moreira RG, Castell-Perez ME, *et al.* Development of a multilayered antimicrobial edible coating for shelf-life extension of fresh-cut cantaloupe (*Cucumis melo L.*) stored at 4 °C [J]. LWT-Food Sci Technol, 2014, 56(2): 341–350.
- [19] Ghidelli C, Mateos M, Rojas-Argudo C, *et al.* Novel approaches to control browning of fresh-cut artichoke: Effect of a soy protein-based coating and modified atmosphere packaging [J]. Postharvest Biol Tec, 2015, 99: 105–133.
- [20] Sipahi RE, Castell-Perez ME, Moreira RG, *et al.* Improved multilayered antimicrobial alginate-based edible coating extends the shelf life of fresh-cut watermelon (*Citrullus lanatus*) [J]. LWT-Food Sci Technol, 2013, 51(1): 9–15.
- [21] 冯可, 胡文忠, 姜爱丽, 等. 预测微生物学在鲜切果蔬产品质量安全控制中的应用[J]. 食品工业科技, 2014, 35(10): 49–56.
- Feng K, Hu WZ, Jiang AL, *et al.* Application of predictive microbiology in control of quality and safety for fresh-cut fruits and vegetables [J]. Sci Tech Food Ind, 2014, 35(10): 49–56.
- [22] Min S, Krochta J M. Inhibition of *Penicillium commune* by edible whey protein films incorporating lactoferrin, lactoferrin hydrolysate, and lactoperoxidase systems [J]. J Food Sci, 2005, 70(2): 87–94.
- [23] Gutierrez J, Rodriguez G, Barry-Ryan C, *et al.* Efficacy of plant essential oils against foodborne pathogens and spoilage bacteria associated with ready-to-eat vegetables: antimicrobial and sensory screening [J]. J Food Protect, 2008, 71(9): 1846–1854.
- [24] 冯可, 胡文忠, 徐永平, 等. 植物精油的抑菌活性及在鲜切果蔬中的应用[J]. 食品工业科技, 2015.
- Feng K, Hu WZ, Xu YP, *et al.* Antibacterial activity of plant essential oil and the application in fresh cut fruits and vegetables [J]. Sci Tech Food Ind, 2015.
- [25] Mantilla N, Castell-Perez ME, Gomes C, *et al.* Multilayered antimicrobial edible coating and its effect on quality and shelf-life of fresh-cut pineapple (*Ananas comosus*) [J]. LWT-Food Sci Technol, 2013, 51(1): 37–43.
- [26] Salvia-Trujillo L, Rojas-Graü MA, Soliva-Fortuny R, *et al.* Use of antimicrobial nanoemulsions as edible coatings: Impact on safety and quality attributes of fresh-cut *fuji* apples [J]. Postharvest Biol Tec, 2015, 105: 8–16.
- [27] Narsaiah K, Wilson RA, Gokul K, *et al.* Effect of bacteriocin-incorporated alginate coating on shelf-life of minimally processed papaya (*Carica papaya L.*) [J]. Postharvest Biol Tec, 2015, 100: 212–218.
- [28] Oms-Oliu G, Soliva-Fortuny R, Martín-Belloso O. Edible coatings with antibrowning agents to maintain sensory quality and antioxidant properties of fresh-cut pears [J]. Postharvest Biol Tec, 2008, 50(1): 87–94.
- [29] Sharma S, Rao TVR. Xanthan gum based edible coating enriched with cinnamic acid prevents browning and extends the shelf-life of fresh-cut pears [J]. LWT-Food Sci Technol, 2015, 62(1): 791–800.
- [30] Robles-Sánchez RM, Rojas-Graü MA, Odriozola-Serrano I, *et al.* Influence of alginate-based edible coating as carrier of antibrowning agents on bioactive compounds and antioxidant activity in fresh-cut Kent mangoes [J]. LWT-Food Sci Technol, 2013, 50(1): 240–246.
- [31] Qi H, Hu W, Jiang A, *et al.* Extending shelf-life of Fresh-cut ‘Fuji’ apples with chitosan-coatings [J]. Innov Food Sci Emerg, 2011, 12(1): 62–66.
- [32] Chong JX, Lai S, Yang H. Chitosan combined with calcium chloride impacts fresh-cut honeydew melon by stabilising nanostructures of sodium-carbonate-soluble pectin [J]. Food Control, 2015, 53: 195–205.
- [33] Han C, Zhao Y, Leonard SW, *et al.* Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria × ananassa*) and raspberries (*Rubus ideaus*) [J]. Postharvest Biol Tec, 2004, 33(1): 67–78.
- [34] Hernández-Muñoz P, Almenar E, Valle VD, *et al.* Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria × ananassa*) quality during refrigerated storage [J]. Food Chem, 2008, 110(2): 428–435.
- [35] Tavera-Quiroz MJ, Romano N, Mobili P, *et al.* Green apple baked snacks functionalized with edible coatings of methylcellulose containing *Lactobacillus plantarum* [J]. J Funct Foods, 2015, 16: 164–173.
- [36] Kanmani P, Lim ST. Development and characterization of novel probiotic-residing pullulan/starch edible films [J]. Food Chem, 2013, 141(2): 1041–1049.
- [37] Tapia MS, Rojas-Graü MA, Rodríguez FJ, *et al.* Alginate-and gellan-based edible films for probiotic coatings on fresh-cut fruits [J]. J Food Sci, 2007, 72(4): 190–196.
- [38] Azarakhsh N, Osman A, Ghazali HM, *et al.* Lemongrass essential oil incorporated into alginate-based edible coating for shelf-life extension and quality retention of fresh-cut pineapple [J]. Postharvest Biol Tec, 2014, 88: 1–7.
- [39] Raybaudi-Massilia RM, Mosqueda-Melgar J, Martín-Belloso O. Edible alginate-based coating as carrier of antimicrobials to improve shelf-life and safety of fresh-cut melon [J]. Int J Food Microbiol, 2008, 121(3): 313–327.
- [40] Gutierrez J, Bourke P, Lonchamp J, *et al.* Impact of plant essential oils on microbiological, organoleptic and quality markers of minimally processed vegetables [J]. Innov Food Sci Emerg, 2009, 10(2): 195–202.
- [41] Scollard J, Francis GA, O’Beirne D. Chemical basis of anti-listerial effects of rosemary herb during stomaching with fresh-cut vegetables [J]. LWT-Food Sci Technol, 2014, 57(1): 16–21.
- [42] Daniel CK, Lennox CL, Vries FA. *In vivo* application of garlic extracts in combination with clove oil to prevent postharvest decay caused by *Botrytis cinerea*, *Penicillium expansum* and *Neofabraea alba* on apples [J]. Postharvest Biol Tec, 2015, 99: 88–92.
- [43] Karagözü N, Ergönül B, Özcan D. Determination of antimicrobial effect of mint and basil essential oils on survival of *E. coli* O157:H7 and *S. typhimurium* in fresh-cut lettuce and purslane [J]. Food Control, 2011, 22(12): 1851–1855.
- [44] Hyun JE, Bae YM, Yoon JH, *et al.* Preservative effectiveness of essential oils in vapor phase combined with modified atmosphere packaging against spoilage bacteria on fresh cabbage [J]. Food Control, 2015, 51: 307–313.
- [45] Elshafie HS, Mancini E, Camele I, *et al.* *In vivo* antifungal activity of two essential oils from Mediterranean plants against postharvest brown rot disease of peach fruit [J]. Ind Crop Prod, 2015, 66: 11–15.
- [46] Elizaquivel P, Sánchez G, Aznar R. Application of propidium monoazide quantitative PCR for selective detection of live *Escherichia coli* O157:H7 in vegetables after inactivation by essential oils [J]. Int J Food Microbiol, 2012, 159(2): 115–121.

(责任编辑: 白洪健)

作者简介



萨仁高娃, 博士研究生, 主要研究方向为食品质量与安全。
E-mail: kuailexiaosa@sina.com



胡文忠, 教授, 主要研究方向为食品加工与质量安全控制。
E-mail: hwz@dlnu.edu.cn

“食品加工与贮藏保鲜新技术”专题征稿函

民以食为天。食品的安全与质量, 直接关系到民族的健康和体质, 影响到国家或地区的政治安定和社会进步。而食品的加工质量与贮藏安全性与食品加工与贮藏保鲜技术的成熟与革新息息相关。近年来, 基因工程、酶工程、发酵工程、细胞工程、辐照技术、超临界流体萃取技术、微胶囊技术、膜分离技术、超高压技术、脉冲电场技术等被广泛应用于食品的加工与贮藏保鲜, 为食品工业的发展注入了新活力。

鉴于此, 本刊特别策划“食品加工与贮藏保鲜新技术”专题, 由江南大学的张慜教授担任专题主编。专题将围绕食品工业中食品微细化处理、食品混合、食品干燥、食品成分提取与分离、食品浓缩与结晶、食品膨化、食品杀菌、食品低温处理与贮藏保鲜、食品包装等各个环节中的高新技术展开, 探讨技术原理、技术特点、优势与局限性、影响因素、工艺及设备、应用实践等各个方面展开讨论, 计划在 2015 年 11 月正式出版。

本刊主编 **吴永宁 研究员**与 **张慜 教授** 与本刊特邀请您撰稿, 展示您的研究成果与学术发现, 以期食品加工与贮藏保鲜新技术的推广应用、科研开发提供理论和实践指导。请您请在 2015 年 10 月 15 日前通过网站或 Email 投稿。我们将快速处理并优先发表。

投稿方式:

网站: www.chinafoodj.com

Email: jfoods@126.com

《食品安全质量检测学报》编辑部