蛹虫草及其下脚料水提物联合壳聚糖涂膜对西葫芦保鲜效果的影响

石 浩[1,2]，张 慜*[1,2]

（1. 食品科学与技术国家重点实验室，江南大学，江苏 无锡 214122；2. 江南大学 食品学院，江苏 无锡 214122）

摘要：为研究壳聚糖涂膜以及蛹虫草及其下脚料水提物对生鲜果蔬的保鲜作用，探究了质量分数为1%的壳聚糖（Chi）、蛹虫草水提物（CM）、蛹虫草下脚料提取物（SS）、壳聚糖复合蛹虫草水提物（Chi+CM）和蛹虫草水提物复合蛹虫草下脚料提取物（Chi+SS）5种涂膜剂的抗氧化活性和抑菌能力。结果发现Chi+CM复合涂膜剂的DPPH自由基清除能力较好。抑菌圈实验证明，壳聚糖与蛹虫草水提物结合可提高对革兰氏阳性菌的抑制能力。将5种涂膜剂应用于西葫芦后发现，在6 ℃条件下冷藏，蛹虫草水提物联合壳聚糖涂膜能减少西葫芦在储藏期间的质量损失，降低褐变以及延缓硬度下降，保持西葫芦的可溶性固形物和抗坏血酸含量，降低MDA含量及延缓POD和PPO酶活的上升，抑制微生物繁殖。

关键词：壳聚糖涂膜；蛹虫草；西葫芦；保鲜；抑菌性

中图分类号：TS 201.1　**文章编号：**1673-1689(2020)10-0048-08　**DOI：**10.3969/j.issn. 1673-1689.2020.10.007

Effect of Water Extract from *Cordyceps militaris* and Its Waste Combined with Chitosan Coating on Preservation of Zucchini

SHI Hao[1,2]，*ZHANG Min*[*1,2]

(1. State Key Laboratory of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: The antioxidant and bacteriostatic activities of five coating agents, including 1% chitosan (Chi), 1% *Cordyceps militaris* water extract (CM), 1% *Cordyceps militaris* waste extract (SS), 1% chitosan combined with *Cordyceps militaris* water extract(Chi+CM) and 1% chitosan with *Cordyceps militaris* waste extract (Chi+SS), were investigated to study the preservation effects of chitosan coating and water extracts of *Cordyceps militaris* and its leftovers on the fresh fruits and vegetables. Chi+CM coating agent showed the best DPPH free radical scavenging ability, which also revealed the strongest antibacteria activity in the inhibition zone test. The inhibition of chitosan to Gram-positive bacteria could be enhanced by *Cordyceps militaris* water extract. When applied to zucchini stored at 6 ℃, the water extract of *Cordyceps militaris* combined with chitosan coating was found to reduce the weight loss, browning and hardness decline of zucchini, to maintain the soluble solids and ascorbic acid content, and to reduce the accumulation of MDA, POD and POD activity caused by oxidative stress and oxidative damage. In addition, it could inhibit microbial reproduction

收稿日期：2019-01-18

基金项目：国家“十三五”重点研发计划项目(2018YFD0700303)。

*通信作者：张 慜(1962—)，男，博士，教授，博士研究生导师，主要从事农产品贮藏与加工研究。E-mail：min@jiangnan.edu.cn

during storage.

Keywords: chitosan coating, *Cordyceps militaris*, zucchini, preservation, bacteriostasis

西葫芦含有大量蛋白质、碳水化合物、维生素和钙元素而深受广大消费者青睐[1]，然而西葫芦在生长、收获、包装运输以及储藏过程中，会由于微生物繁殖、氧化应激反应等原因，使果实质量下降，影响其食用和商业价值[2]。采用冷藏的方法可减缓西葫芦在采后运输储藏过程中出现的品质劣变现象，但会带来另外的问题，如冷冻伤害、嗜冷微生物繁殖等[3-4]。

壳聚糖作为一种理想涂层，因其优良的抗菌性能可用于延长果蔬货架期，另外壳聚糖本身可以与其他功能性天然食品添加剂一起作为成膜剂[5-6]。蛹虫草（*Cordyceps militaris*，CM）是中国传统的食药两用真菌，含虫草素（3′-脱氧腺苷）、腺苷、虫草酸、超氧化物歧化酶和蛹虫草多糖等活性成分[7]。蛹虫草提取物具有抗炎、抗氧化和免疫调节等生物活性。而蛹虫草下脚料是蛹虫草固体培养后去除子实体后留下的子座和部分固体培养基组成的混合物，含有核苷类抗菌性物质，如虫草素等[8-9]。超微粉碎技术是一种新型的制粉技术，处理后的材料粒径可达到0.1 μm，在此粒径下粉末能够表现出优异的性质，如更高活性成分溶出率和更强的抗氧化性[10]。

作者研究的目的是探求蛹虫草及其下脚料超微粉末的水提物联合壳聚糖涂膜对西葫芦冷藏期间的保鲜效果。评估了不同涂膜剂的抗氧化与抑菌性质及西葫芦品质参数变化，为西葫芦贮藏及保鲜提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

西葫芦：市售。挑选无机械损伤、无病虫侵染、成熟度基本一致的西葫芦作为试验材料；蛹虫草及其下脚料：湖南炎帝生物技术有限公司提供（下脚料主要包括蛹虫草收割后残留的子座及微量固体培养基）；壳聚糖、DPPH、冰乙酸、抗坏血酸、三氯乙酸、硫代巴比妥酸、醋酸钠、PEG、聚乙烯吡咯烷酮、Triton X-100、愈创木酚、邻苯二酚等试剂均为国产分析纯；大肠杆菌（*Escherichia coli*）、铜绿假单胞菌（*Pseudomonas aeruginosa*）、金黄色葡萄球菌（*Staphylococcus aureus*）、变异链球菌（*Streptococcus mutans*）均为作者所在实验室保藏。

1.2 仪器与设备

CJM-SY-A 高能纳米冲击磨：秦皇岛市太极环纳米制品有限公司产品；UV-1780 紫外可见分光光度计：日本岛津公司产品；PL203 电子天平：梅特勒-托利多仪器有限公司产品；TA.XT.Plus 物性分析仪：英国 Stable Mico System 公司产品；TDL-60B 台式离心机：上海安亭科学仪器厂产品。

1.3 蛹虫草及其下脚料水提物提取

将蛹虫草及其下脚料 60 ℃烘干至恒重，剪成小段并研磨 20 min，在（2±1）℃下超微粉碎处理 4 h 得到最终粉末。按照料液比 1 g:40 mL，在 60 ℃条件下水浴提取 2 h，过滤取滤渣按照相同条件提取 2 h，合并两次滤液，60 ℃下通过旋转蒸发浓缩至 100 mL，得到 1 g/mL 的浓缩水提液，冷藏备用。

1.4 不同涂膜剂的制备及活性测定

1.4.1 不同涂膜剂的制备 5 种处理组涂膜剂的配制如下：壳聚糖涂膜剂（Chi）制备：先配置体积分数为 1%的冰乙酸溶液，再加入质量分数为 1%的壳聚糖，在 60 ℃下磁力搅拌至完全溶解，并在 4 ℃下静置；蛹虫草水提物涂膜剂（CM）制备：将蛹虫草浓缩水提液与蒸馏水按照体积比 1:99 配置成体积分数为 1%的蛹虫草水提液，4 ℃下静置过夜备用；下脚料水提物涂膜剂（SS）制备：类似 CM 制备方法；壳聚糖复配蛹虫草水提液涂膜剂（Chi+CM）制备：将体积分数 1%壳聚糖涂膜剂与质量分数 1%蛹虫草水提物涂膜剂按照体积比 1:1 混合，搅拌均匀后 4 ℃下静置备用；壳聚糖复配蛹虫草下脚料水提液涂膜剂（Chi+SS）制备：类似 Chi+CM 制备方法。对照组涂膜剂为蒸馏水。

1.4.2 不同涂膜剂的抗氧化能力测定 涂膜剂的抗氧化活性参照文献[11]确定，使用DPPH（1,1-二苯基-2-三硝基苯肼）自由基清除率法，以维生素 C（VC）为阳性对照。

1.4.3 不同涂膜剂的抑菌能力测定 参照文献[12]并稍作修改，主要采用抑菌圈法测定。

1.5 不同涂膜剂涂膜处理的西葫芦品质测定

1.5.1 西葫芦涂膜处理 处理组:每次随机挑选西葫芦置于 5 种涂膜剂中浸泡 2 min 后取出并自然晾干;对照组:随机挑选西葫芦以蒸馏水处理相同时间并自然晾干,每个处理重复 3 次。将处理后的所有样品用聚乙烯袋包装,包装置于 6 ℃下冷藏,在不同时间测定相关指标。

1.5.2 失重率 采用差量法测定[13]。

1.5.3 色泽 采用色差计法[13]。每个处理组测定 8 次西葫芦赤道附近 4 个方位的 L^*、a^* 和 b^* 值。

1.5.4 硬度 参照文献[14]并有所修改,采用质构仪测定。

1.5.5 可溶性固形物 采用手持式折光仪测定[15]。

1.5.6 维生素 C 含量 参考曹建康等的方法进行测定[15]。

1.5.7 丙二醛含量 参考曹建康等的方法进行测定[15]。

1.5.8 过氧化物酶(POD)活性 参考曹建康等的方法并稍作修改[15]。

1.5.9 多酚氧化酶(PPO)活性 参考曹建康等的方法并稍作修改[15]。

1.5.10 菌落总数 参照王国英的方法测定[16]。

2 结果与分析

2.1 不同涂膜剂抗氧化性及抑菌能力测定

2.1.1 不同涂膜剂对 DPPH 清除能力测定 不同涂膜剂在不同质量浓度下对 DPPH 的清除能力如图 1 所示,所有涂膜剂的 DPPH 清除能力在 0~1.0 mg/mL 范围内随质量浓度增加而增加。当质量浓度为 1.0 mg/mL 时,Chi,CM,SS,Chi+CM 和 Chi+SS 的自由基清除能力分别为 22.42%,43.31%,39.18%,46.90%和 33.38%,均明显低于 VC(99.76%)。而单独 CM 的 DPPH 自由基清除能力强于 SS 以及 Chi+SS,与 Chi 联合后抗氧化能力显著提高(P<0.05)。可能是 CM 中的活性成分与壳聚糖分子协同作用,并且壳聚糖分子表面积较大,使 CM 更加均匀地分布于溶液中。以上结果与 ZHANG Hao 等人发现类似[17]。

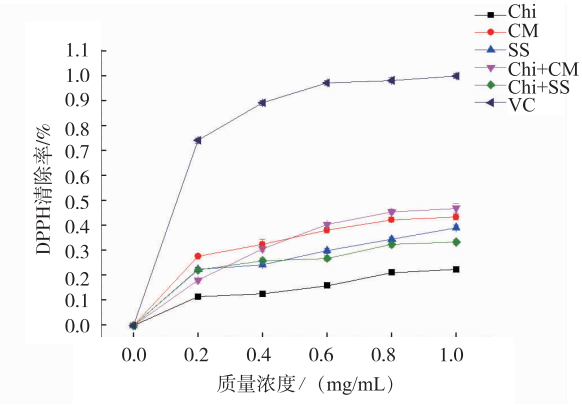


图 1 不同质量浓度涂膜剂 DPPH 清除率变化

Fig. 1 Effect of different coating concentration on the scavenging rate of DPPH

2.1.2 不同涂膜剂抑菌能力测定 不同涂膜剂的抑菌能力如表 1 所示,Chi+SS 对于大肠杆菌的抑制作用明显低于其他涂膜剂(P<0.05),而其他涂膜剂之间差异不显著(P>0.05);而对于铜绿假单胞菌菌来说,Chi+SS 和 Chi+CM 的抑菌效果明显高于其他实验组(P<0.05);对于金黄色葡萄球菌和变异链球菌来说,CM 和 SS 抑菌效果不明显,而 Chi+CM 抑菌能力明显强于其他涂膜剂(P<0.05)。总体看来 Chi+CM 对于革兰氏阳性菌抑制作用强于对革兰氏阴性菌的抑制作用,并且强于 CM、SS 以及 Chi 单独作用时的效果。CM 对大肠杆菌抑制效果较好,结合 Chi 后对实验所用 4 种菌都具有广泛的抗菌活性,DONG Caihong 发现 CM 甲醇提取物对于大多微生物具有良好的抗菌活性,原因可能与提取剂有关[18]。

2.2 不同涂膜处理对冷藏条件下西葫芦品质的影响

2.2.1 失重率的变化 由图 2 可知,随着储藏期的延长,西葫芦的质量损失率显著增加(P<0.05)。其中对照组在整个储藏期过程中质量损失率明显高于其他实验组,当储藏期超过 16 d 时,对照组和 SS 的

表 1 不同涂膜剂对 4 种细菌抑菌圈直径的影响

Table 1 Effect of different coating agents on the diameter of inhibition zone of four bacteria

涂膜剂	抑菌圈直径 /mm			
	大肠杆菌	铜绿假单胞菌	金黄色葡萄球菌	变异链球菌
Chi	10.86±0.75^{a}	8.14±0.49^{b}	10.49±0.32^{b}	10.25±0.64^{c}
CM	10.04±0.70^{ab}	7.93±0.065^{b}	6.33±0.082^{d}	6.16±0.050^{d}
SS	9.72±0.72^{ab}	6.06±0.022^{d}	8.18±0.76^{c}	6.04±0.021^{e}
Chi+CM	10.11±0.27^{ab}	8.64±0.21^{ab}	11.24±0.63^{a}	11.21±1.52^{a}
Chi+SS	8.82±0.34^{b}	9.22±0.44^{a}	9.42±0.80^{bc}	10.63±1.41^{b}

质量损失率显著高于其他处理组，而 Chi+CM 组失水率最低,可能是西葫芦经蛹虫草活性水提物质和壳聚糖涂膜后,能够改变果蔬内部的气体成分起到类似气调包装储藏类似的效果,减少了西葫芦表面水分的挥发[19]。

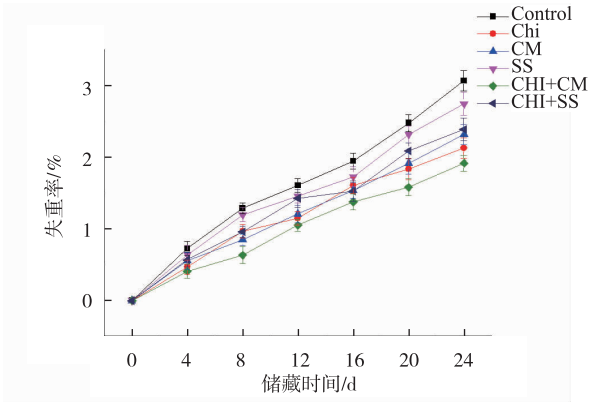
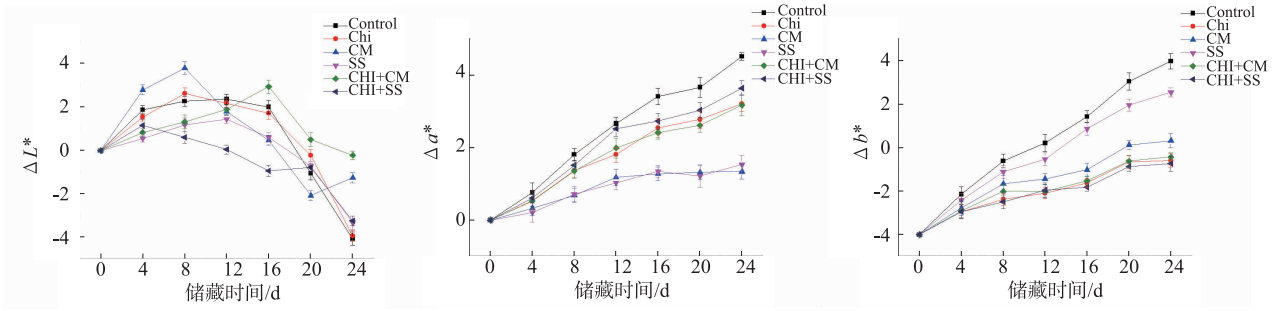


图 2　不同涂膜处理对西葫芦失重率的影响

Fig. 2　Effect of coating treatments on the weight loss of zucchini

2.2.2　色泽的变化　图 3 显示了不同涂膜处理条件下西葫芦在储藏期间颜色参数的变化情况,主要包括 Δ*L**,Δ*a** 和 Δ*b**。从图 3(a)中可以发现,西葫芦冷藏条件下的亮度值随着储存时间的延长先增加后减少，第 24 天时,CM 和 Chi+CM 处理组的亮度变化值明显小于其他组，分别为−1.25±0.233 和−0.215±0.199。而从图 3(b)中可以看出,西葫芦表面的 Δ*a** 值随储藏时间增加,12 d 后 CM 组和 SS 组样品的红绿值变化最小。到 24 d,对照组样品的绿值下降最大达到 4.51±0.11,显著高于其他组(P<0.05)。而 SS 和 CM 组的绿色值得到了较好的保护,最终变化值<2。图 3(c)显示的是不同实验处理对西葫芦表面黄蓝值随变化的影响,样品黄值随时间的延长而不断增加,当储藏时间超过 12 d 时,对照组和 SS 组的 Δ*b** 显著高于其他实验组(P<0.05)。在第 24 天,Chi 组,CM 组,Chi+CM 以及 Chi+SS 组西葫芦黄值变化量显著低于对照组和 SS 实验组（P<0.05),但这 4 组之间的差异不明显(P>0.05)。相比于对照组，经过 CM 涂膜处理能够有效减缓西葫芦储藏过程中亮度值和绿值的下降速率,降低黄值的变化幅度。这主要是因为 CM 及 SS 水提物中含有大量具有抗氧化活性或抗菌能力物质,如酚类、黄酮类和核苷类物质,这些物质可以延缓西葫芦中酚类物质的降低,抑制多酚氧化酶的活性和相关腐败微生物的繁殖,从而维持西葫芦在储藏过程中的新鲜色泽[20]。



(a)Δ*L**　(b)Δ*a**　(c)Δ*b**

图 3　不同涂膜处理对西葫芦 Δ*L、Δ*a** 和 Δ*b** 影响**

Fig. 3　Effect of coating treatments on the Δ*L、Δ*a**、Δ*b** value of zucchini**

2.2.3　硬度的变化　图 4 显示了不同涂膜处理对西葫芦在冷藏条件下表面硬度的影响,西葫芦表面硬度随着储藏时间的延长呈下降的趋势。第 16 天后,Chi+CM 处理组样品的硬度值明显高于其他处理组(P<0.05);而对照组在 15 d 之前硬度值下降幅度小,20 d 之后下降速率明显高于其他实验组（P<0.05)。第 24 天时Chi+CM 处理组西葫芦表面硬度值最高,Chi、CM 和 Chi+SS 涂膜处理的实验组硬度值之间没有显著差异(P<0.05),但均高于对照组,这与 WILLEKE 等发现一致。蛹虫草水提物联合壳聚糖涂膜处理能够有效延缓西葫芦表面硬度的下降,原因可能是蛹虫草提取物中的活性物质对果皮细胞壁中的果胶多糖具有保护作用,而果胶多糖的增溶和解聚作用能够延迟果实软化[2,13]。

2.2.4　可溶性固形物和 VC 质量分数的变化　图 5(a)显示了冷藏条件下西葫芦中可溶性固形物质量分数随时间的变化。随着储存期增加,可溶性固形物先增加然后减少。Chi+SS 和 Chi+CM 处理在第 16

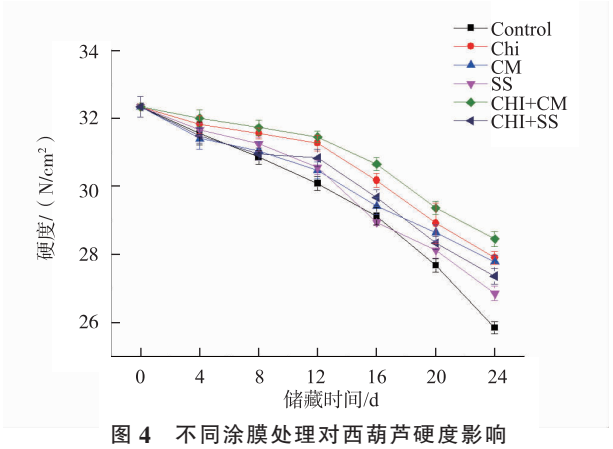


图 4　不同涂膜处理对西葫芦硬度影响

Fig. 4　Effect of coating treatments on the firmness of zucchini

天时具有最高的可溶性固形物质量分数,而其他处理组在第 4 天到第 12 天之间显示最高值。可溶性固形物质量分数主要与果蔬成熟度有关，表明 CM 和 SS 联合 Chi 处理能够有效延缓西葫芦的采后成熟时间，可能是西葫芦在发育过程中积累了大量糖。采摘后这些糖主要用来进行呼吸作用,而壳聚糖联合蛹虫草及其下脚料水提物涂膜能够在西葫芦表面形成一层致密具有还原作用的薄膜,能够减缓植物呼吸作用，从而减少贮藏过程中糖分的消耗,使可溶性固形物维持在较高水平。有研究发现采用钙离子涂膜与气调结合也能够增加西葫芦 TSS 保留率[20]。

图 5(b)显示了不同涂膜处理的西葫芦冷藏条件下抗坏血酸质量分数的变化。随着储藏时间的延长,抗坏血酸质量分数一直减少,相较于其他组,12 d 前 CM 处理组的抗坏血酸质量分数维持在较高水平,12 d 后 Chi+CM 实验组抗坏血酸质量分数明显高于其他组(P<0.05)。抗坏血酸易受环境中的活性氧(ROS)如过氧化氢(H_2O_2)、超氧化物和羟基自由基引起的氧化应激反应导致质量分数下降[21]。而 CM 中含有的抗氧化性成分能够作用于环境中的活性氧,进而降低西葫芦中抗坏血酸在贮藏过程中的损耗，另外 CM 联合壳聚糖后 DPPH 清除能力明显提升，因此 Chi+CM 涂膜处理能更好地延缓西葫芦中抗坏血酸降解。

2.2.5　丙二醛含量的变化　如图 6 所示,西葫芦中 MDA 含量随储存期的增加而增加,对照组值在第 8 天后明显高于处理组。Chi+CM 组储藏期间一直处于较低水平，第 24 天时西葫芦中丙二醛含量在所

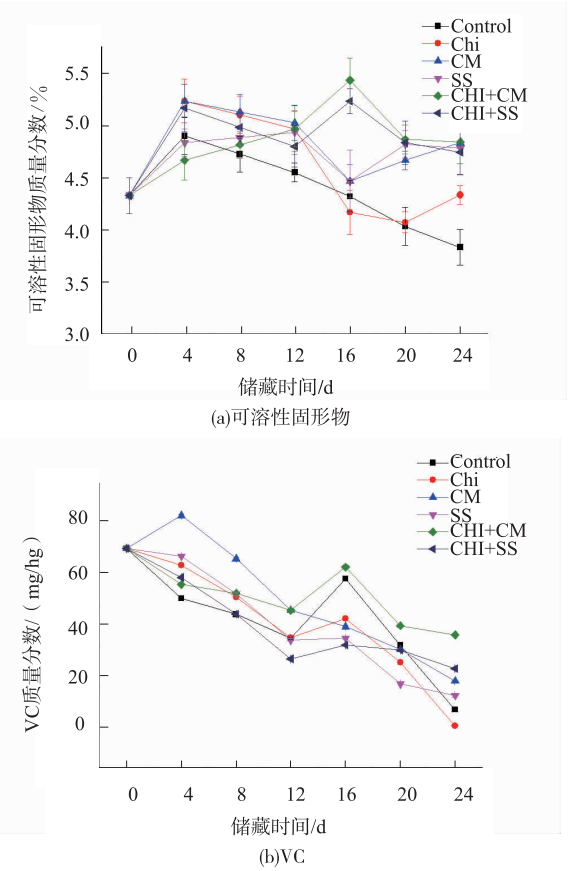


图 5　不同涂膜处理对可溶性固形物和西葫芦 VC 质量分数的影响

Fig. 5　Effect of coating treatments on the soluble solid and VC content value of zucchini

有处理组中最低。一般不同种类的西葫芦在冷藏条件下受到的冷害程度不同,受到的冷害程度越低果实 MDA 含量也越低[4]。该结果证明 CM 与 Chi 联合涂膜作为一种活性氧清除剂,能够有效减少西葫芦在冷藏期间因氧化应激和氧化损伤引起的外表损伤。另外也有研究表明,腐胺处理等措施也能够减少西葫芦冷藏过程中的氧化应激代谢产物,提高果实的耐冻属性[22-23]。

2.2.6　POD 和 PPO 活性的变化　过氧化物酶(POD)是水果和蔬菜中一种重要的氧化还原酶,对外界刺激、病原菌侵染、贮藏环境、加工条件十分敏感[24]。图 7(a)显示了不同涂膜处理对冷藏期间西葫芦 POD 活性的影响，西葫芦中的POD 活性随时间增加不断上升,对照组在第 20 天达到峰值,且明显高于处理组(P<0.05)。储藏 8 d 后,Chi 和 SS 处理组西葫芦中 POD 活性与其他处理组开始出现明显差异(P<0.05)。24 d 时,Chi+CM 组最低,而 Chi、CM 和

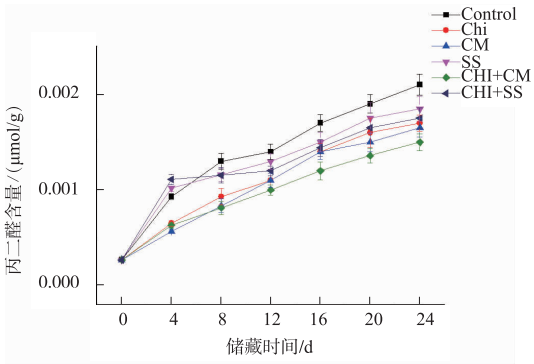
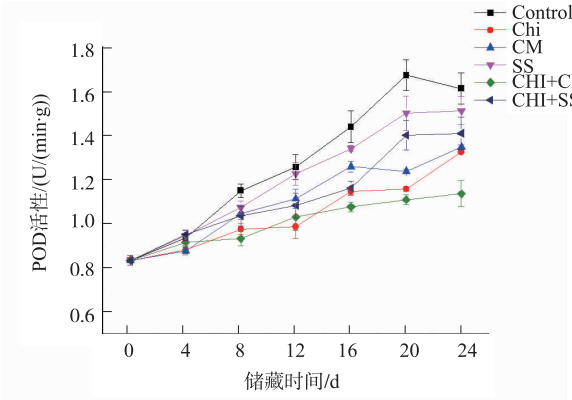


图 6　不同涂膜处理对西葫芦丙二醛含量的影响

Fig. 6　Effect of coating treatments on the malondialdehyde content value of zucchini

Chi+SS 组之间差异不明显(P>0.05)。随着储藏时间增加，西葫芦受到低温胁迫也不断加深，POD 活性上升明显，而壳聚糖以及蛹虫草水提物涂膜能保护西葫芦表面细胞膜，能够有效清除或者抑制西葫芦体内产生的自由基，延缓 POD 酶活上升，减轻冷害作用。张秀兰等人也发现赤霉素和壳聚糖联合涂膜处理能够延缓毛竹笋中 POD 酶活的增加，提升保鲜效果[25]。

从图 7(b)中可以看出，每个处理组西葫芦中的 PPO 活性随时间增加呈上升趋势，储藏 16 d 后，对照组的 PPO 活性显著高于其他处理组(P<0.05)，储藏结束时最高。其他处理组 PPO 活性显著低于对照组相（P<0.05），但是各处理组之间差异并不明显(P>0.05)。该结果说明 CM，SS 和 Chi 涂膜能在西葫芦表面形成保护屏障，减少氧气对西葫芦内部多酚物质的氧化破坏，延缓了 PPO 活性的变化从而减少褐变，这和之前观察到的西葫芦储藏期内颜色变化一致。也有研究发现壳聚糖和丙酸钙联合处理能够降低鲜切香蕉皮在储藏期间的 PPO 活性并且抑制了褐变和微生物活性[26]。



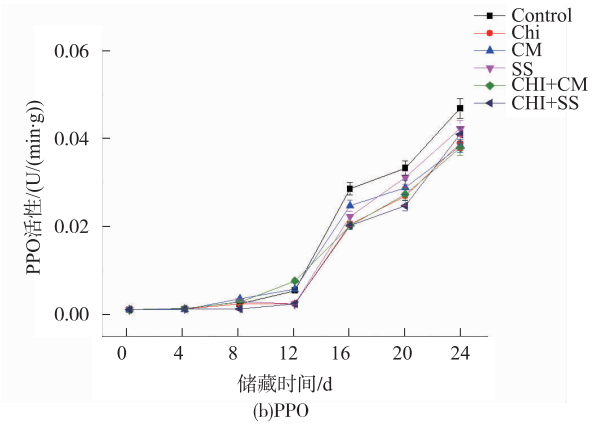


图 7　不同涂膜处理对西葫芦过氧化物酶和多酚氧化酶活性的影响

Fig. 7　Effect of coating treatments on the activity of POD，PPO of zucchini

2.2.7　菌落总数的变化　微生物腐败是影响新鲜水果蔬菜贮藏品质的最重要因素之一。图 8 显示，储藏期间西葫芦表面的微生物数量不断增加，第 24 天时对照组样品中的微生物数量明显高于其他处理组，而 Chi 和 Chi+CM 处理组中的菌落总数保持在较低水平，这和不同涂膜剂抑菌能力的结果一致。CM 结合壳聚糖涂膜处理可有效抑制西葫芦在冷藏过程中微生物的生长，原因是壳聚糖和 CM 均具有抑菌作用，且形成的 Chi–CM 复合膜结构致密能够减少空气中氧气进入果蔬内部，从而最终控制水果蔬菜中微生物的呼吸生长。

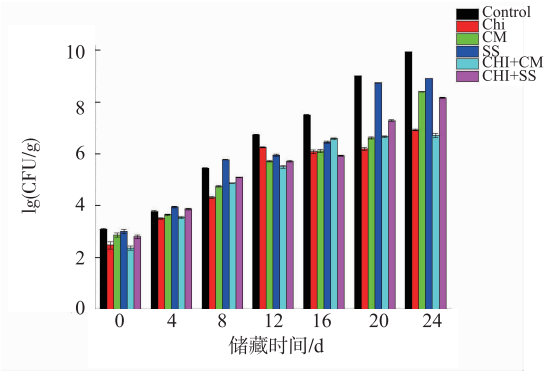


图 8　不同涂膜处理对西葫芦菌落总数的影响

Fig. 8　Effect of coating treatments on the total numbers of colony of zucchini

3　结　语

在 Chi、CM、SS、Chi+CM 和 Chi+SS 5 种涂膜剂中，Chi+CM 复合涂膜剂的 DPPH 自由基清除能力

较好,抑菌圈实验结果也证明壳聚糖与蛹虫草水提物复合涂膜能够提高壳聚糖对革兰氏阳性菌抑制能力。将5种涂膜剂应用于西葫芦,在6 ℃条件下冷藏24 d后发现,Chi+CM涂膜能够有效降低西葫芦在储藏期间的质量损失、褐变以及可溶性固形物和抗坏血酸质量分数的下降。通过形成致密的CM-Chi复合膜系统,能够减少因氧化应激和氧化损伤引起的MDA积聚以及POD和PPO酶活的上升,抑制西葫芦冷藏过程中微生物的繁殖。因此,壳聚糖联合蛹虫草提取物涂膜能够实现西葫芦冷藏过程中品质维持,为壳聚糖联合天然活性成分涂膜保鲜果蔬提供一定的依据。

参考文献:

[1] BLANCO-DIAZ M T,PEREZ-VICENTE A,FONT R. Quality of fresh cut zucchini as affected by cultivar,Maturity at Processing and Packaging[J]. **Packaging Technology and Science**,2016,29(7):365-382.

[2] DE BRUIN W,ROSSOUW W,KORSTEN L. Comparison of safe alternative dipping treatments to maintain quality of zucchini [J]. **Journal of Food Quality**,2016,39(2):109-115.

[3] BARUZZI F,CEFOLA M,CARITO A,et al. Changes in bacterial composition of zucchini flowers exposed to refrigeration temperatures[J]. **The Scientific World Journal**,2012,2012:1-6.

[4] CARVAJAL F,MARTINEZ C,JAMILENA M,et al. Differential response of zucchini varieties to low storage temperature[J]. **Scientia Horticulturae**,2011,130(1):90-96.

[5] KERCH G. Chitosan films and coatings prevent losses of fresh fruit nutritional quality:a review[J]. **Trends in Food Science and Technology**,2015,46(2):159-166.

[6] ROMANAZZI G,FELIZIANI E,BANOS S B,et al. Shelf life extension of fresh fruit and vegetables by chitosan treatment[J]. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**,2017,57(3):579-601.

[7] WU F C,CHEN Y L,CHANG S,et al. Cultivation of medicinal caterpillar fungus,Cordyceps militaris (Ascomycetes),and production of cordycepin using the spent medium from levan fermentation [J]. **International Journal of Medicinal Mushrooms**,2013,15(4):393-405.

[8] CUI J D. Biotechnological production and applications of Cordyceps militaris,a valued traditional Chinese medicine [J]. **Critical Reviews in Niotechnology**,2015,35(4):475-84.

[9] MARIA A ,GATTO,IPPOLITO A ,LINSALATA V ,VENERE. Activity of extracts from wild edible herbs against postharvest fungal diseases of fruit and vegetables[J]. **Postharvest Biology and Technology**,2011,61(1):72-82.

[10] 张慜,王亮. 超微粉碎在食品加工中的研究进展[J]. 无锡轻工大学学报,2003,22(4):106-110.

[11] 宋娟,宁喜斌,陈璐璐,等. 壳聚糖处理桑叶水提液的抗氧化性研究[J]. 江苏农业科学,2014,42(8):306-307.

[12] 赵大川,黄宗海,林志群,等. 新型纳米银壳聚糖敷料的应用研究[J]. 重庆医学,2016,45(23):3237-3240.

[13] GLOWACZ M,COLGAN R,REES D. Influence of continuous exposure to gaseous ozone on the quality of red bell peppers, cucumbers and zucchini[J]. **Postharvest Biology and Technology**,2015,99:1-8.

[14] 季丽丽,梁芸志,陈存坤,等. 不同浓度臭氧气体处理对采后西葫芦贮藏品质的影响[J]. 食品安全质量检测学报,2017(8):357-363.

[15] 曹建康,姜微波,赵玉梅. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京:中国轻工业出版社,1998.

[16] 王国英. 西葫芦酶学特性及鲜切涂膜保鲜技术研究[D]. 泰安:山东农业大学,2012.

[17] ZHANG H,FU Y Y,NIU F G,et al. Enhanced antioxidant activity and in vitro release of propolis by acid-induced aggregation using heat-denatured zein and carboxymethyl chitosan[J]. **Food Hydrocolloids**,2018,81:104-112.

[18] DONG C H,YANG T,LIAN T. A comparative study of the antimicrobial,antioxidant,and cytotoxic activities of methanol extracts from fruit bodies and fermented mycelia of caterpillar medicinal mushroom *Cordyceps militaris* [J]. **International Journal of Medicinal Mushrooms**,2014,16(5):485-495.

[19] DHALL R K. Advances in edible coatings for fresh fruits and vegetables:a review [J]. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**,2013,53(5):435-450.

[20] AQUINO-BOLANOS E N,URRUTIA-HERLANDEZ T A,LOPEZ Del CASTILLO-LOZANO M,et al. Physicochemical

parameters and antioxidant compounds in edible qquash(Cucurbita Pepo) flower stored under controlled atmospheres[J]. **Journal of Food Quality**,2013,36(5):302-308.

[21] CONKLIN P L. Recent advances in the role and biosynthesis of ascorbic acid in plants [J]. **Plant Cell and Environment**, 2010,24(4):383-394.

[22] MEGIAS Z,MARTINEZ C,MANZANO S,et al. Individual shrink wrapping of zucchini fruit improves postharvest chilling tolerance associated with a reduction in ethylene production and oxidative stress metabolites[J]. **PLOS ONE**,2015,10(7):1-17.

[23] PALMA F,CARVAJAL F,RAMOS J,et al. Effect of putrescine application on maintenance of zucchini fruit quality during cold storage:contribution of GABA shunt and other related nitrogen metabolites[J]. **Postharvest Biology and Technology**,2015,99: 131-140.

[24] WYRWICKA A,URBANIAK M. The different physiological and antioxidative responses of zucchini and cucumber to sewage sludge application[J]. **PlOS ONE**,2016,11(6):1-17.

[25] 张秀兰,陈伏生,方向民,等. 赤霉素和壳聚糖处理对冷藏毛竹笋保鲜效果的影响[J]. 江西农业大学学报,2017(4):678-685.

[26] MIRSHEKARI A,MADANI B,GOLDING J B. Suitability of combination of calcium propionate and chitosan for preserving minimally processed banana quality[J]. **Journal of the Science of Food and Agriculture**,2017,97(11):3706-3711.

科 技 信 息

欧盟重新评估聚乙烯吡咯烷酮(E1201)和聚乙烯聚吡咯烷酮(E1202)作为食品添加剂的安全性

2020 年 8 月 10 日,据欧盟食品安全局(EFSA)消息,欧盟食品添加剂和调味剂小组(FAF)重新评估了聚乙烯吡咯烷酮(polyvinylpyrrolidone)(E1201)和聚乙烯聚吡咯烷酮(polyvinylpolypyrrolidone)(E1202)作为食品添加剂的安全性并扩大聚乙烯吡咯烷酮(E1201)的使用范围。

经过评估,专家小组认为报告的聚乙烯吡咯烷酮(E1201)和聚乙烯聚吡咯烷酮(E1202)用作食品添加剂的用途和使用水平没有安全问题。在建议的最大允许水平和建议的消费水平下,预期的扩展使用范围不会对安全造成影响。

[信息来源]食品伙伴网. 欧盟重新评估聚乙烯吡咯烷酮(E1201)和聚乙烯聚吡咯烷酮(E1202)作为食品添加剂的安全性 [EB/OL]. (2020-08-11). http://news.foodmate.net/2020/08/568770.html