

壳聚糖双胍盐酸盐抑菌活性及其涂膜保鲜圣女果的研究

陈佳阳¹, 罗永祥¹, 陆旺金², 傅夏兵¹, 乐学义^{1,*}

(1. 华南农业大学理学院应用化学系, 广东广州 510642;

2. 华南农业大学园艺学院, 广东广州 510642)

摘要:测定了壳聚糖双胍盐酸盐(CGH)对金黄色葡萄球菌、大肠杆菌和番茄丝核菌的抑菌能力;并通过涂膜的方法处理圣女果,测定贮藏过程中果实失重率、硬度、可溶性固形物含量(TSS)、维生素C(V_C)含量、细胞膜透性和总酸含量的变化。结果表明,相对于壳聚糖(CTS),CGH对金黄色葡萄球菌、大肠杆菌具有较强的抑菌能力,其最小抑菌浓度(MIC)分别为0.31mg/mL和0.62mg/mL;当CGH浓度达到2.00mg/mL时对番茄丝核菌菌丝生长抑制率可达100%。以质量浓度为3%的CGH涂膜处理的圣女果在(28±2)℃存放12d后,失重率仅为7.5%,硬度仍有21.121N/cm²,TSS为7.2%,V_C含量为21.70mg/100g FW(鲜重),膜渗透率为27.4%,可滴定酸含量为0.35%。与对照(CK)相比,显著保持了果实的品质。
关键词:壳聚糖双胍盐酸盐,圣女果,抑菌,保鲜

Effects of chitosan biguanidine hydrochloride coating on storage quality of cherry tomato and its antimicrobial activities

CHEN Jia-yang¹, LUO Yong-xiang¹, LU Wang-jin², FU Xia-bing¹, LE Xue-yi^{1,*}

(1. Department of Applied Chemistry, College of Science, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;

2. College of Horticulture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: The antimicrobial activities of Chitosan biguanidine hydrochloride (CGH) against *S. Aureus*, *E. Coli* and *Rhizoctonia solani* Kuhn were studied, respectively. Cherry tomatoes mass-loss ratio, firmness, total soluble solid, V_C content, film penetration ratio and soluble acid content was examined attentively after fresh-keeping process with CGH as coating film. The minimal inhibited concentrations (MIC) against *S. Aureus* and *E. Coli* were 0.31 and 0.62mg/mL, respectively. CGH at 2.00mg/mL had a total antifungal effect on *Rhizoctonia solani* Kuhn. CGH with concentration of 3% coated on the cherry tomatoes showed a better preservation effect after 12d storage under (28±2)℃. The mass-loss, firmness, total soluble solid, V_C content, film penetration ratio and soluble acid content were 7.5%, 21.121N/cm², 7.2%, 21.70mg/100g FW (fresh weight), 27.4% and 0.35%, respectively.

Key words: chitosan biguanidine hydrochloride; cherry tomatoes; antibacterial activity; fresh-keeping

中图分类号: TS255.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2014)04-0306-05

利用涂膜的技术对果蔬进行保鲜,成本低,易于操作,已受到国内外学者的关注^[1-4]。壳聚糖(CTS)属于天然高分子化合物,无毒、可生物降解,理化性能相对稳定,具有成纤成膜性^[5]和抗菌性^[6],目前已经有大量文献报道其对果蔬具有显著的抗菌保鲜作用^[7-10]。但是,由于壳聚糖整个大分子链上有高密度的分子内和分子间氢键使之不溶于水也不溶于碱溶液,只溶于小部分有机酸溶液,导致它在应用上受到极大限制^[11]。将具有抑菌作用的小分子基团接枝到壳

聚糖上,既能改善壳聚糖的水溶性又能增强其抗菌性和防止小分子抑菌剂对人体的毒害作用^[12]。本文将具有广谱抗菌作用的双胍基^[13]接枝到壳聚糖结构单元上后制得具有一定保鲜抗菌能力的高分子化合物壳聚糖双胍盐酸盐(CGH)。该壳聚糖衍生物对金黄色葡萄球菌、大肠杆菌及常见的致使水果腐烂的真菌均具有较好的抑制作用。将CTS应用于圣女果的研究已有报道^[14-15],但将CGH应用于圣女果的保鲜工作目前尚未见文献报道。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

圣女果 市售,选择果实新鲜,表面光滑,大小、成熟度基本一致,无机械损伤和病虫害的圣女果进行实验;金黄色葡萄球菌(*S. Aureus*)、大肠杆菌(*E. Coli*)和番茄丝核菌(*Rhizoctonia solani* Kuhn)均由

收稿日期:2013-06-21 * 通讯联系人

作者简介:陈佳阳(1986-),女,硕士研究生,研究方向:生物材料及水果保鲜。

基金项目:广东省科技计划项目(2011B020310005);华南农业大学211工程基金项目(2009B010100001)。

华南农业大学资源环境学院提供;壳聚糖(脱乙酰度 $\geq 85\%$) 山东奥康生物科技有限公司;2,6-二氯酚靛酚钠盐 为生物纯;草酸 优级纯;无水乙醇、氢氧化钠、冰乙酸、标准抗坏血酸(V_C) 均为分析纯;高岭土 化学纯;壳聚糖双胍盐酸盐 为自制,经元素分析测定其接枝率为50.5%。

DDS-12A型电导率仪 上海精密科学仪器有限公司;果蔬材料硬度测试机 美国Instron公司;PR- α 型数显折光仪 日本ATAGO公司;SW-CI-IF型洁净工作台 上海博讯实业有限公司;LRH-250-S()型微电脑控制恒温恒湿培养箱 广东省医疗器械厂。

1.2 CGH的体外抗菌实验

1.2.1 对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌的抑制作用 采用二倍稀释法^[16]测定CTS和CGH对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌的最小抑菌浓度(MIC)。

1.2.2 对番茄丝核菌菌丝体径向生长的影响 将CTS和CGH分别配制成不同浓度的溶液,用1mol/L NaOH调节溶液pH=5~6。配制含药品浓度分别为0.25、0.50、1.00、2.00mg/mL的PDA培养基,在已经培养成熟的菌落(真菌PDA培养基)边缘打取直径5mm供试菌饼移入到含药培养基中心,28℃恒温培养,待对照组(CK, 0mg/mL)菌落长满平板时,用十字交叉法测量菌落直径,计算抑菌率^[17]。

$$\text{抑菌率}(\%) = \frac{D_{\text{空白}} - D_{\text{药品}}}{D_{\text{空白}}} \times 100$$

式中, $D_{\text{空白}}$ 为对照菌落直径, $D_{\text{药品}}$ 为处理菌落直径。

1.3 圣女果的涂膜处理

制取0.5%(V/V)壳聚糖乙酸溶液,并用1mol/L NaOH溶液调至pH=5~6,用去离子水溶解不同质量的CGH制成质量分数分别为1%、2%和3%的膜溶液^[18],同时调节pH=5~6。挑选新鲜、且果皮颜色和大小均匀,无明显病虫害的圣女果为样品,随机分成5组(每组100个果实),其中一组将作为对照。将上述5组分别浸入制好的壳聚糖乙酸溶液中,静置3min,沥干,分别放入大小相同的篮中,室温(28 \pm 2)℃下存放。

1.4 测试指标及方法

圣女果于购买当日分别进行重量、可滴定酸(TA)含量、可溶性固形物(TSS)含量、 V_C 含量、果实硬度、果皮细胞膜渗透率指标的测定,贮藏期间每2d测定1次,每次每组随机抽取果实10个,重复3次。

1.4.1 失重率测定 采用称重法,分别测定待贮存的圣女果质量(m_0)与贮存一定时间后的质量(m_1)。

$$\text{失重率}(\%) = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100$$

1.4.2 可滴定酸(TA)含量的测定 参照文献^[19]的方法,取10g果肉,用研钵磨碎,加以煮沸、冷却、去除CO₂的蒸馏水25mL,在沸水浴中提取30min,冷却,过滤,移入50mL容量瓶中,定容至50mL,每次取10mL,加酚酞指示剂2滴,用0.1mol/L NaOH标准溶液滴定至微红色在1min内不褪色为终点。

$$\text{酸度}(\%) = \frac{V \times N \times K \times 5}{W} \times 100$$

式中: N :NaOH标液的摩尔浓度, mol/L; V :消耗NaOH标液的体积, mL; W :样品用量; K :换算为适当酸的系数(以苹果酸为标准; $K=0.067$)。

1.4.3 可溶性固形物(TSS)含量测定 采用PR-32 α 数显折光仪进行测定。

1.4.4 V_C 含量测定 参考2,6-二氯酚靛酚法^[20]准确称取10g左右的圣女果,加入30mL 2%草酸,打成浆状,离心,准确吸取上清液5mL,用标定好的2,6-二氯酚靛酚钠盐滴定。另取5mL 2%草酸作空白对照滴定。

$$w = \frac{100(V_A - V_B)V_T A}{V_S W}$$

式中, w :100g样品(鲜重 F_w)含 V_C 毫克数, V_A :滴定样品所耗用的染料平均体积, mL; V_B :滴定空白对照所耗用的染料的平均体积, mL; V_T :样品提取液的总体积, mL; V_S :滴定时所取样品提取液体积, mL; A :1mL染料能氧化抗坏血酸量, mg/mL; W :待测样品的质量, g。

1.4.5 硬度的测定 用果蔬材料硬度测试机测定圣女果的硬度。所选择探头为圆锥形,基部直径为4mm,硬度值用N/cm²表示。

1.4.6 细胞膜透性测定 根据文献^[21]将圣女果果肉切成5mm \times 5mm块状,混匀后称取5.0g于50mL烧杯中,加40mL蒸馏水,用电导率仪测出电导率(P_0),浸泡10min后测出电导率(P_1),再将烧杯放置于水浴锅中,加热煮沸10min后补足失去的水分,冷却后测定电导率(P_2)。

$$\text{细胞膜渗透率}(\%) = \frac{P_1 - P_0}{P_2 - P_0} \times 100$$

1.5 统计方法

每处理3个重复,数据用SPSS软件进行统计,用最低显著性差异法(LSD)在0.05水平上进行显著性差异检验。

2 结果与分析

2.1 体外抑菌实验结果

2.1.1 对金黄色葡萄球菌和大肠杆菌的抑制作用 通过二倍稀释法测得CGH对金黄色葡萄球菌和大肠杆菌的MIC值分别为0.31mg/mL和0.62mg/mL,而CTS对金黄色葡萄球菌和大肠杆菌的MIC值分别为0.62mg/mL和1.25mg/mL,由此可得出CGH抑制这两种细菌的活性强于CTS,并且CGH对G+的抗菌性要强于G-。这可能同菌细胞壁组成相关,大肠杆菌比金黄色葡萄球菌多了一层外层膜(outer membrane),外层膜中除了含有脂多糖、核糖和O抗原外,还有孔蛋白,而这种孔蛋白只允许特定的分子通过,所以CGH对其抑制活性较弱^[22]。

2.1.2 对番茄丝核菌的抑制作用 CTS及CGH对番茄丝核菌的抑制作用如图1所示。

图1表明,CTS与CGH对番茄丝核菌丝生长都具有抑制活性。当浓度为2.00mg/mL时,CGH对番茄丝核菌的抑制率为100%,而CTS为80.4%,说明CGH的抑菌作用明显强于CTS。这可能源于CGH胍基易质子化而导致其正电性大于CTS,更有利于吸附在菌体细胞上,扰乱细胞的正常生理活动而抑制病菌的生长。

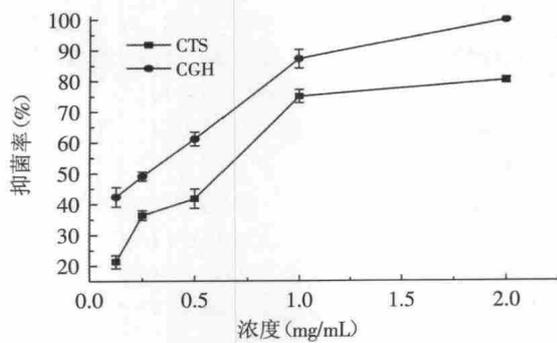


图1 CTS及CGH对番茄丝核菌的抑菌率

Fig.1 The fungistasis activities of various concentrations of CTS and CGH against *Rhizoctonia solani* Kuhn

2.2 失重率的变化

测定了不同涂膜的圣女果在贮藏过程中果实失重率的变化,结果如图2所示。

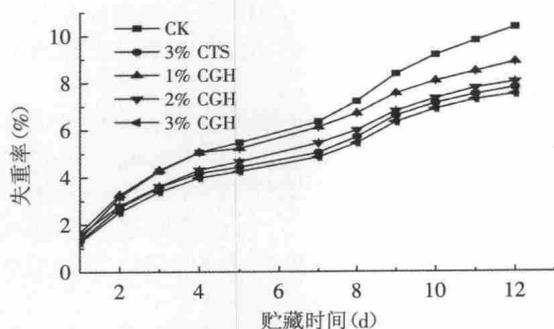


图2 CTS和CGH涂膜对圣女果室温贮藏期间失重率变化的影响

Fig.2 Effect of CTS and CGH coatings on mass loss of cherry tomatoes during room temperature storage

结果表明,平行3次测定失重率偏差很小,导致图2中偏差线不明显。由图2可见,随着圣女果存放时间延长,各组失重率不断上升,经过12d室温存放后,经过3% CTS、1% CGH、2% CGH和3% CGH涂膜处理的圣女果的失重率分别为7.8%、8.9%、8.1%和7.5%,而对照样为10.4%。在同样为3%的浓度下,用CGH处理过的圣女果失重率低于CTS,表明3% CGH对圣女果的保鲜作用优于3%CTS。另外,1% CGH和2% CGH涂膜效果不如3% CTS好,原因可能是由于膜厚度不够,导致果实中水分蒸发相对较快。

2.3 TA含量的变化

测得不同涂膜圣女果在相同存放条件下TA含量的变化如图3所示。

结果表明,在贮藏过程中,由于存放条件为室温,温度和湿度变化较大,导致圣女果中TA含量出现波动,但其总体趋势是波动下降的。另外,从贮藏后期的结果发现,经过12d后,由3% CTS、3% CGH涂膜处理的圣女果的可滴定酸含量分别为0.32%、0.35%,而对照组可滴定酸含量为0.16%。其中,12d后3% CGH涂膜的圣女果可滴定酸含量是对照组的2倍,这可能源于CGH涂膜处理后减少了圣女果中水分的蒸发,抑制了水果的呼吸,从而延缓了果实新陈代谢的速度。由此可得几组涂膜处理中,3% CGH对圣女果

酸含量的保持效果最好。

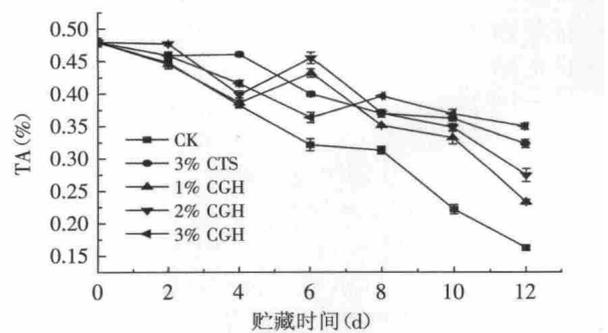


图3 圣女果贮藏过程中TA含量的变化图

Fig.3 Effect of CTS and CGH coatings on TA content of cherry tomatoes during room temperature storage

2.4 TSS含量的变化

测得不同涂膜的圣女果在贮藏过程中可溶性固形物含量的变化如图4所示。

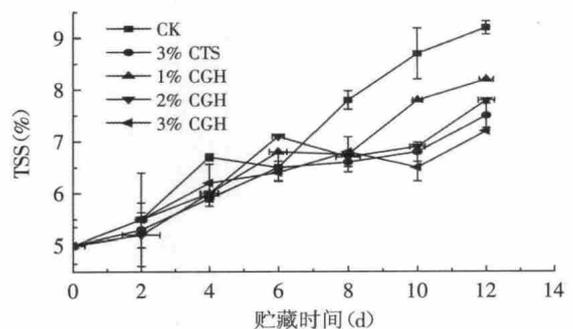


图4 圣女果贮藏过程中TSS含量的变化

Fig.4 Effect of CTS and CGH coatings on TSS content of cherry tomatoes during room temperature storage

可溶性固形物含量是指该果实中包含的能溶于水的糖、酸、矿物质等占果实总质量的百分率^[23]。可溶性固形物的积累与果实贮藏过程中细胞壁结构的变化和多糖降解为低分子糖相关^[24]。当果实成熟后,可溶性固形物含量将呈上升趋势^[25]。结果表明,贮藏6d后,对照组的可溶性固形物含量上升速度加快,12d后达到9.2%,而经3% CGH涂膜的增长速度较缓,12d后可溶性固形物含量为7.2%,并且低于3% CTS涂膜的7.5%。

2.5 V_C含量的变化

圣女果中含有丰富的V_C,是普通番茄的1.7倍。众所周知,V_C是衡量水果营养价值的重要指标,通常因贮存时间的延长使果实中的V_C氧化分解而快速下降,所以常以V_C的含量损失来评价水果的品质。测得不同涂膜条件下圣女果在贮藏过程中V_C含量的变化如图5所示。

图5表明,所有圣女果在贮藏期间V_C含量均有所下降,但涂膜组圣女果V_C含量降低的速度均小于对照,说明涂膜具有一定的保鲜效果。其原因可能是在果皮中形成的膜阻止了空气中部分氧的进入而减少V_C的氧化。并且研究发现,常温下贮存12d后,测得经

3% CTS处理的圣女果 V_c 含量为21.03mg/100g FW,而3% CGH处理的圣女果 V_c 含量达到21.70mg/100g FW,表明CGH保鲜作用优于CTS。

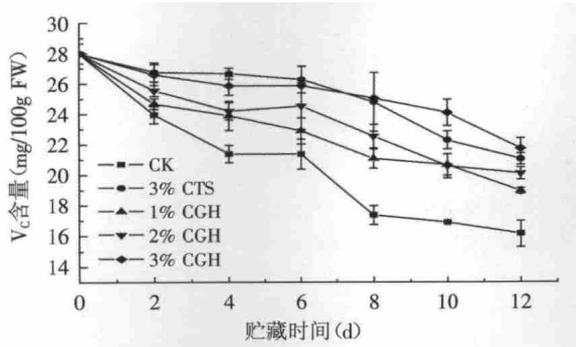


图5 圣女果贮藏过程中 V_c 含量的变化图

Fig.5 Effect of CTS and CGH coatings on V_c content of cherry tomatoes during room temperature storage

2.6 硬度变化

果实的硬度是指果肉抗压力强弱的程度,果肉抗压力愈强,果实的硬度就愈大。果实硬度的大小可以反映贮藏过程中及贮藏结束时果实品质的优劣。测得不同涂膜处理的圣女果在贮藏过程中硬度的变化如图6所示。

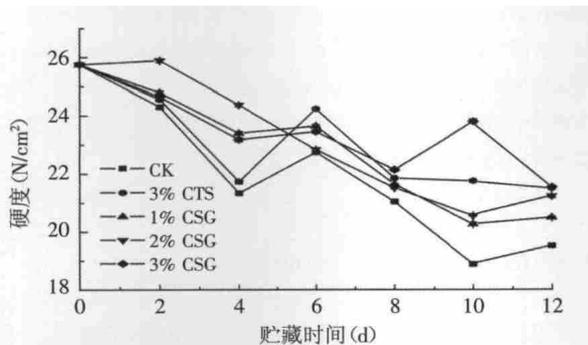


图6 圣女果贮藏过程中硬度的变化图

Fig.6 Effect of CTS and CGH coatings on firmness of cherry tomatoes during room temperature storage

圣女果采收后,使其软化的生理生化因素很多,但主要是通过果实内果胶物质含量变化引起的。果实中脂氧合酶(LOX)、果胶酶等酶的活性随果实成熟度的增加而迅速增加,使果实硬度下降^[26]。结果表明,在贮藏的中前期,圣女果保持鲜脆状态,硬度变化不大,而在贮藏后期,果实由于失水硬度迅速下降。并且发现,在常温条件下存放12d后,空白样的圣女果硬度为19.139N/cm²,而经过3% CTS、1% CGH、2% CGH和3% CGH涂膜处理的圣女果的硬度分别为21.082、20.101、20.827、21.121N/cm²,表明CTS和CGH对圣女果均有保鲜作用,但是在同是3%的浓度下,CGH对圣女果硬度的保持效果优于CTS。

2.7 细胞膜渗透性的变化

随着果实采后存放时间的延长,果实中细胞膜渗透性逐渐改变甚至丧失,引起细胞内物质大量外渗^[27],因而细胞膜渗透性可作为果实衰老的重要指

标。测得不同涂膜的圣女果在贮藏过程中细胞渗透率的变化结果如图7所示。

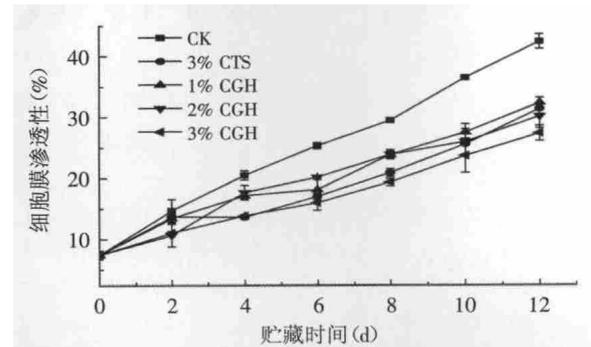


图7 圣女果贮藏过程中细胞膜渗透率的变化图

Fig.7 Effect of CTS and CGH coatings on ion leakage of cherry tomatoes during room temperature storage

图7表明,随着存放期增长,各实验组圣女果的细胞膜渗透性均逐步增加。存放12d后,测得3% CGH和3% CTS涂膜的圣女果细胞膜渗透率分别为27.4%和31.3%,均明显低于对照组的42.4%,表明CGH和CTS涂膜都具有保鲜作用。并且发现,从第4d开始,同样是3%浓度的涂膜,用CGH涂膜处理的圣女果细胞膜渗透率就明显低于CTS的涂膜处理。由此可见,圣女果在常温贮藏过程中,3%CGH涂膜处理比3% CTS更有助于保持圣女果细胞组织的完整性。

3 结论

体外抗菌实验表明,CGH对金黄色葡萄球菌、大肠杆菌和番茄丝核菌的生长抑制作用均强于CTS,当CGH浓度为2.00mg/mL时,可完全抑制番茄丝核菌的生长。与CTS相比,CGH溶液涂膜处理圣女果可显著减缓果实质量的损失,保持TA、TSS和 V_c 的含量以及果实的硬度,减缓细胞膜渗透率的增长,有效地延缓了果实的衰老过程,起到了保鲜保质的作用。然而,为了提高该类壳聚糖衍生物膜的保鲜作用,其抗菌作用机理有待于进一步研究,需要进一步改善膜力学性能等。

参考文献

- [1] 何海玲,顾冀平,张卫明. 白芨多糖胶涂膜保鲜樱桃番茄的研究[J]. 食品科学,2007,28(4):336-340.
- [2] 任建敏. 壳聚糖抗菌抗氧化活性及其在食品保鲜中应用[J]. 食品工业科技,2012,33(16):400-404.
- [3] 胡晓亮,周国燕. 四种天然保鲜剂对樱桃番茄贮藏的保鲜效果[J]. 食品科学,2012,33(10):287-292.
- [4] 陈佳阳,陈实,乐学义. 壳聚糖抗菌膜的研究进展[J]. 广东农业科学,2012,39(12):122-126.
- [5] Li H B, Chen Y Y, Liu S L. Synthesis, characterization, and metal ions adsorption properties of chitosan-calixarenes (I) [J]. J Poly Sci, 2003, 89(4): 1139-1144.
- [6] Portes E, Gardrat C, Castellan A, et al. Environmentally friendly films based on chitosan and tetrahydrocurcuminoid derivatives exhibiting antibacterial and antioxidative properties

(下转第314页)

参考文献

- [1] 李植良,黎振兴,黄智文,等. 我国茄子生产和育种现状及今后育种研究对策[J]. 广东农业科学,2006(1):24-26.
- [2] FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations)[Z]. Accessed Aug.2009.http://faostat.fao.org.
- [3] 侯建设,李中华,江杰,等. 茄子的保鲜贮藏研究[J]. 食品科技,2004(4):68-70.
- [4] 刘程惠,胡文忠,王艳颖,等. 国内鲜切果蔬包装的研究现状[J]. 食品工业科技,2010(12):386-388.
- [5] 李超,冯志宏,陈会燕,等. 鲜切果蔬保鲜技术的研究进展[J]. 保鲜与加工,2010(1):3-6.
- [6] Jiang Y M, Joyce D C, Jiang W B, et al. Effects of chilling temperatures on ethylene binding by banana fruit[J]. Plant Growth Regul,2004,43:109-115.
- [7] Analia Concellon, Maria C Anon, Alicia R Chaves. Effect of low temperature storage on physical and physiological characteristics of eggplant fruit (*Solanum melongena* L.) [J]. LWT,2007,40:389-396.
- [8] 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,2007:28-30.
- [9] 李合生. 植物生理生化实验原理技术[M]. 北京:高等教育出版社,2001:134-138,246-248.
- [10] Zhou P, Smith N L, Lee C Y. Potential purification and some properties of Monroe apple peel polyphenol oxidase [J]. Journal of agricultural and food chemistry,1993,41(4):532-536.
- [11] 刘春丽,陈欲云. 鲜切茄子酶促褐变的过氧化物酶的特性研究[J]. 四川理工学院学报,2012(2):8-11.
- [12] 谭谊谈,曾凯芳. 鲜切果蔬酶促褐变关键酶研究进展[J]. 食品科学,2011(17):376-379.
- [13] 魏敏,周会玲,徐义杰,等. 藏度对鲜切嘎啦苹果褐变的影响[J]. 北方园艺,2011(17):160-163.
- [14] 吴日章,刘丽丹,曾凯芳. 贮藏温度对新鲜茎瘤芥品质和保鲜效果的影响[J]. 保鲜与加工,2011(14):328-332.
- [15] 李超,冯志宏,陈会燕,等. 鲜切果蔬保鲜技术的研究进展[J]. 保鲜与加工,2010(1):3-6.
- [16] Juan S A, Fabiana F S, Lilia S H, et al. Fresh-cut radish using different cut types and storage temperatures[J]. Postharvest Biology and Technology,2006,40:149-154.
- [17] 李伟锋,何玲,冯金霞,等. 不同生姜提取液处理鲜切苹果感官评定的研究[J]. 食品工业科技,2012(17):73-36.
- [18] 邵毅,罗云波,陈安均,等. 1-MCP处理和贮藏温度对黑宝石李果肉褐变的影响[J]. 农业机械学报,2010(3):128-133.
- [19] 谭谊谈,曾凯芳. 鲜切果蔬酶促褐变关键酶研究进展[J]. 食品科学,2011(17):376-379.
- [20] 张福平,李秋红. 温度对黄皮果实PAL、POD和PPO活性的影响[J]. 食品与发酵工业,2008(11):69-71.
- [21] Elia N A B, Mercado S. Effects of polyphenoloxidase and peroxidase activity, phenolics and lignin content on the browning of cut jicama[J]. Postharvest Biology and Technology,2004,33(3):275-283.
- [22] 赵云峰,尹学杰,顾佳宇. 茄子采后生理及贮藏保鲜技术研究进展[J]. 食品工业科技,2011(8):449-452.
- [17] 冯小强,李小芳,杨声,等. 壳聚糖金属配合物对黑曲霉的抑制活性研究[J]. 食品科学,2011,32(3):152-155.
- [18] 庞凌云,李瑜,祝美云,等. 壳聚糖大豆分离蛋白复合膜对圣女果涂膜保鲜效果研究[J]. 食品科学,2009,30(2):426-429.
- [19] 宁正祥. 食品成分分析手册[M]. 北京:中国轻工业出版社,1997:190-192.
- [20] 宋贤良,叶盛英,黄苇,等. 纳米TiO₂/玉米淀粉复合涂膜对圣女果保鲜效果的研究[J]. 食品科学,2010(12):255-259.
- [21] 杨燕婷,杨芹,杨方美,等. 纳米包装材料对金针菇的保鲜作用[J]. 中国农业科学,2009(9):3250-3258.
- [22] 刘洋. 大肠杆菌膜间质蛋白不易聚集现象的发现及其研究[D]. 北京:清华大学,2004.
- [23] 颜海燕. 壳聚糖处理对樱桃番茄及杏贮藏品质及活性氧代谢的影响[D]. 新疆:石河子大学,2010.
- [24] Apai W. Effects of fruit dipping in hydrochloric acid then rinsing in water on fruit decay and browning of longan fruit[J]. Crop Prot,2010,29(10):1184-1189.
- [25] 周建俭,周翠英. 乳酸链球菌素在白玉枇杷保鲜中的应用[J]. 食品工业,2010(4):5-6.
- [26] 生吉萍,罗云波,申琳. PG和LOX对采后番茄果实软化及细胞超微结构的影响[J]. 园艺学报,2000,27(4):276-281.
- [27] Luo Z, Chen C, Xie J. Effect of salicylic acid treatment on alleviating postharvest chilling injury of 'Qingnai' plum fruit[J]. Postharvest Biol Tec,2011,62(2):115-120.

(上接第309页)

- [J]. Carbohyd Polym,2009,76(4):578-584.
- [7] 辛颖,陈复生,杨宏顺. 壳聚糖涂膜对果蔬质地影响的研究进展[J]. 食品科技,2009(12):283-286.
- [8] 曹馨月,齐海萍,邹伟,等. 壳聚糖涂膜在果蔬保鲜中的应用研究进展[J]. 安徽农业科学,2012,40(33):16336-16338.
- [9] 陈楚英,陈明,陈金印,等. 壳聚糖涂膜对新余蜜橘常温贮藏保鲜效果的影响[J]. 江西农业大学学报,2012,34(6):1112-1117.
- [10] 韦明肯,赖洁玲,钟武,等. 壳聚糖和二氧化氯对樱桃番茄联合保鲜效果研究[J]. 广东农业科学,2012(5):80-84.
- [11] Sajjomsang W. Synthetic methods and applications of chitosan containing pyridylmethyl moiety and its quaternized derivatives: A review[J]. Carbohyd Polym,2010,80(3):631-647.
- [12] 曾涵,赵淑娟,徐江玲,等. 壳聚糖-g-N-羧甲基-2-硫代-4,5-2H咪唑啉酮的制备及其抑菌性能[J]. 应用化学,2009,26(11):1287-1291.
- [13] Chien P, Sheu F, Yang F. Effects of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit[J]. J Food Eng,2007,78(1):225-229.
- [14] 李西进. 壳聚糖涂膜对樱桃番茄贮藏品质的影响[J]. 湖北农业科学,2011,50(21):4454-4455.
- [15] 刘亚平,李红波. 壳聚糖对樱桃番茄质地的影响[J]. 山西农业大学,2011,31(2):176-178.
- [16] 李昌灵,刘胜贵,吴楠,等. 木芙蓉叶提取物的抑菌作用研究[J]. 食品工业科技,2009,30(11):97-101.