

草莓保鲜剂的开发研究

汪 波*, 李文芬, 陈宇鹏

(北京师范大学珠海分校, 珠海 519085)

摘 要: 目的 探讨不同类型保鲜剂对草莓采摘后的保鲜效果。**方法** 将草莓置于蒸馏水、生姜提取液、甘草-壳聚糖溶液中浸泡 1 min, 探讨保鲜剂对草莓感官、营养、生化指标等的影响。**结果** 与对照组相比, 2 种保鲜剂都能显著抑制草莓失重、腐烂, 也能延缓维生素 C 和可滴定酸含量下降, 抑制超氧化物歧化酶和过氧化物酶活性损失, 但甘草-壳聚糖保鲜效果更好。贮藏 6 d 后, 甘草-壳聚糖组比空白对照组可滴定酸含量高 72.90%, 维生素 C 含量高 93.79%, 过氧化物酶活性高 233.01%, 超氧化物歧化酶活性高 187.47%。**结论** 甘草-壳聚糖作为保鲜剂, 能有效地延长草莓贮藏期。

关键词: 草莓; 保鲜剂; 可滴定酸; 维生素 C; 贮藏

Development and research of strawberry preservative

WANG Bo*, LI Wen-Fen, CHEN Yu-Peng

(Beijing Normal University, Zhuhai Campus, Zhuhai 519085, China)

ABSTRACT: Objective To investigate the effect of different types of preservatives on strawberry after picking. **Methods** Strawberries were soaked in distilled water, ginger extract and licorice-chitosan solution for 1 min to explore the effect of preservative on sensory, nutritional and biochemical indexes of strawberries. **Results** Compared with the control group, the 2 preservatives could significantly inhibit the weight loss and decay of strawberry, delay the decline of vitamin C and titratable acid content, and inhibit the loss of superoxide dismutase and peroxidase activity, but licorice-chitosan had better preservation effect. After 6 d of storage, the contents of titrated acid, vitamin C, peroxidase and superoxide dismutase in the licorice-chitosan group were 72.90%, 93.79%, 233.01% and 187.47% higher than those in the blank control group, respectively. **Conclusion** As a preservative, licorice-chitosan can effectively extend the storage period of strawberries.

KEY WORDS: strawberry; preservative; titratable acid; vitamin C; storage

1 引 言

果蔬因富含矿物质、维生素等营养物质而倍受欢迎, 例如“水果皇后”草莓, 其 V_C 含量比苹果、葡萄高 7~10 倍, 但缺乏坚硬的保护性外皮, 采后极易碰伤腐烂变质, 常温

下存放 1~2 d 就会变色、失水萎缩、软化腐烂^[1], 因此如何延长草莓贮藏保鲜时间是草莓产业发展急迫解决的问题^[2]。当前草莓保鲜技术主要有: 化学保鲜剂、气调贮藏、速冻冷藏、采后热处理、辐照保鲜贮藏等^[3], 但由于污染残留、技术成本高、工艺复杂等问题, 暂时难以大规模使

基金项目: 广东省普通高校青年创新人才项目(2018KQNCX320)、北京师范大学珠海分校科研能力促进计划项目(201850003)

Fund: Supported by Young Innovative Talents Project in Guangdong Province (2018KQNCX320), and Research Capability Promotion Project of Beijing Normal University Zhuhai Campus (201850003)

***通讯作者:** 汪波, 博士, 副教授, 主要研究方向为生物资源开发与利用。E-mail: wangbozai@163.com

***Corresponding author:** WANG Bo, Ph.D, Associate Professor, Beijing Normal University Zhuhai Campus, No 18 Jinfeng Road, Tangjiawan, Zhuhai 519085, China. E-mail: wangbozai@163.com

用,所以研究的热点逐渐转向易使用、安全性较高的食源性保鲜剂。

Haraguchi 等^[4]研究发现,甘草提取物中可以分离出 400 多种化合物,其中黄酮类化合物含量最多,甘草黄酮能够抑制脂质过氧化的活性^[5]。陈巧^[6]通过对甘草提取物的杀菌动力学进行研究,证实其含有的甘草多糖、甘草甜素对牙周常见致病菌具有良好的抑菌及杀菌作用。壳聚糖有着较好的成膜的特性,在水果的表面产生一层不可见半透膜,阻挡了气和水的流出,使果实内部形成高浓度的二氧化碳和低浓度的氧气的环境,有效降低和延缓果实的呼吸速率和蒸腾作用,维持了果实整体的质量,延长了果实保质期^[7]。谭福能等^[8]采用质量分数为 1%羧甲基壳聚糖、0.8%海藻酸钠和 0.8%纳米二氧化硅为原料配制复合保鲜液,对新鲜草莓进行涂膜处理,证实该复合涂膜能够有效阻止草莓水分的散失并可以抑制代谢,有效降低草莓在贮藏期间的腐烂率、失重率、抗坏血酸、可滴定酸、可溶性固形物含量,减少营养成分的损失。目前研究多集中于壳聚糖对果蔬保鲜的应用,对于生物活性成分+壳聚糖联合使用效果的评估报道较少。

基于两者优点,本研究通过探究甘草-壳聚糖复合保鲜剂对草莓贮藏期间营养、生化指标的影响,对比具有一定的抑菌和抗氧化作用的生姜提取液的保鲜效果^[9],分析甘草-壳聚糖复合保鲜剂的应用前景,旨在为草莓采后保鲜技术提供参考依据。

2 材料与方法

2.1 试剂与仪器

浓硫酸、蒽酮、乙酸乙酯、无水乙醇、蔗糖、邻苯三酚、磷酸氢二钠、磷酸二氢钠、壳聚糖(脱乙酰度≥90%,分子量小于 10⁶,pH 6.0~7.0)(分析纯,上海阿拉丁生化科技股份有限公司)。

AG 5418 高速离心机(德国 Eppendorf 公司);KHW-D-2 恒温水浴锅(北京市永光明医疗仪器厂);PB-10PH 酸度计(德国赛多利斯公司);FS-N 超声波处理器(上海生析超声波仪器有限公司);FA1004 分析天平(常州市衡正电子仪器有限公司);UV752 紫外-可见分光光度计(上海凤凰光学科仪有限公司);2-16PK 低温离心机

(美国 Sigma 公司)。

2.2 实验材料

草莓(*Fragaria ananassa* Duch.):当地新鲜采摘的大小一致、无病虫害的同一批次新鲜草莓。

甘草-壳聚糖保鲜剂:甘草片剪切并研磨成粉末,按料液比为 1:10(g/mL)的比例加入蒸馏水,超声提取 20 min 后,过滤得到甘草提取液,与 1%的壳聚糖溶液按 1:1(V:V)的比例混合。

生姜提取液:按料液比为 1:10(g/mL)的比例加入蒸馏水,搅拌研磨持续成匀浆液为止,将生姜水溶液置于 35℃的水浴锅下持续搅拌 45 min,超声提取 20 min 后,过滤得到生姜提取液。

2.3 实验方法

同一批次的草莓随机分为 3 组:甘草-壳聚糖保鲜剂组、生姜提取液组、空白对照组。将草莓浸泡 1 min,晾干后于 26℃恒温箱中保存,每两天测定草莓的失重率、腐烂率、可滴定酸含量、维生素 C 含量。

失重率测定:称重法测定奶油草莓的失重率^[10]。

腐烂指数测定:观察统计法,分为 3 个级别^[11]:0 级为无腐烂,1 级为腐烂面积小于 50%;2 级为腐烂面积 50%及以上,腐烂指数(%)=[∑(腐烂级别×该级别草莓个数)]/(最高级别×草莓总个数)×100。

可滴定酸含量测定:酸碱滴定法^[12]。

维生素 C 含量测定:2,6-二氯酚靛酚法^[13]。

超氧化物歧化酶 SOD 活性测定:邻苯三酚自氧化速率法^[14]。

3 结果与分析

3.1 保鲜剂对失重率的影响

从表 1 可知,前 2~4 d 内,草莓的失重率变化呈现出空白对照组>生姜提取液组>甘草-壳聚糖保鲜剂组的趋势,且组间差异显著($P<0.05$),第 4 d 时候,空白对照组草莓失重率达到 14.50%,而生姜提取液组只有 7.92%±1.31%,甘草-壳聚糖保鲜剂组失重率最低,仅 4.23%±0.98%;到第 6 d 时,实验组的失重率还是显著低于空白对照组($P<0.05$),但是生姜提取液组和甘草-壳聚糖保鲜剂组之间已没有显著差异($P>0.05$)。

表 1 草莓贮藏期间的失重率变化(% , n=3)
Table 1 Weight loss rate variation of strawberries during storage(% , n=3)

组别	0 d	2 d	4 d	6 d
空白对照组	0	5.63±1.75 ^a	14.50±2.33 ^a	24.49±4.41 ^a
生姜提取液组	0	2.89±0.94 ^b	7.92±1.31 ^b	16.73±4.33 ^b
甘草-壳聚糖保鲜剂组	0	1.36±0.43 ^c	4.23±0.98 ^c	13.23±3.18 ^b

注:同列间不同字母表示差异显著($P<0.05$),相同字母代表无显著性差异($P>0.05$),以下同。

3.2 保鲜剂对腐烂率的影响

表 2 可知, 随着贮藏时间的延长, 3 个组别草莓腐烂指数均逐渐上升, 但 2 个保鲜剂处理组都显著优于空白组 ($P<0.05$), 2 d 内, 生姜提取液组和甘草-壳聚糖保鲜剂组无显著差异 ($P>0.05$), 但 4 d 后, 甘草-壳聚糖保鲜剂组草莓表现出更好的抗腐烂效果; 到第 6 d, 空白对照组腐烂指数达 $25.93\%\pm4.63\%$, 而生姜提取液组只有 $14.07\%\pm3.39\%$, 甘草-壳聚糖保鲜剂组最低, 仅 $5.93\%\pm1.28\%$, 呈现显著差异 ($P<0.05$)。

3.3 保鲜剂对可滴定酸含量变化的影响

表 3 是不同保鲜剂处理条件下草莓可滴定酸含量的变化, 随着贮藏天数的增加, 草莓的可滴定酸含量呈现逐渐下降趋势, 空白对照组可滴定酸含量从第 2 d 的 $0.210\%\pm0.011\%$ 下降到了第 6 d 的 $0.107\%\pm0.007\%$, 降幅达 49.05%。而 2 种保鲜剂处理草莓后, 都能减缓草莓可滴定酸含量的下降, 均显著高于同期空白对照组含量 ($P<0.05$), 第 6 d 甘草-壳聚糖保鲜剂组草莓的可滴定酸含量为 $0.185\%\pm0.013\%$, 比空白对照组高 72.90%。

3.4 保鲜剂对维生素 C 含量变化的影响

表 4 得知, 草莓维生素 C 含量随着贮藏天数的延长迅速下降, 空白对照组维生素 C 含量从第 2 d 的 (65.67 ± 6.08) mg/100 g 下降到了第 6 d 的 (25.78 ± 2.18) mg/100 g, 损失率高达 60.74%。保鲜剂处理对维生素 C 含量的下降有明显的抑制作用, 生姜提取液组和甘草-壳聚糖保鲜剂组处理后, 维生素 C 含量均显著高于同期空白对照组 ($P<0.05$)。第 6 d 甘草-壳聚糖保鲜剂组草莓的维生素 C 含量为 (49.96 ± 3.51) mg/100 g, 比空白对照组高 93.79%。

3.5 保鲜剂对过氧化物酶活性影响

由表 5 可知, 随着贮藏时间的延长, 3 个组别草莓过氧化物酶活性均逐渐下降, 但 2 个保鲜剂处理组都显著优于空白对照组 ($P<0.05$), 2 d 内, 甘草-壳聚糖保鲜剂效果显著优于生姜提取液组 ($P<0.05$), 4 d 后, 甘草-壳聚糖保鲜剂在延缓活性下降方面效果更佳, 到第 6 d, 空白对照组腐过氧化物酶活性只有 (21.87 ± 1.45) U/g, 而生姜提取液组有 (53.35 ± 2.78) U/g, 甘草-壳聚糖保鲜剂组最高, 达 (72.83 ± 2.99) U/g, 比空白对照组高 233.01%。

表 2 贮藏期间草莓的腐烂指数变化(% , n=3)
Table 2 Rotting index variation of strawberries during storage(% , n=3)

组别	0 d	2 d	4 d	6 d
空白对照组	0	5.19 ± 1.28^a	14.81 ± 2.57^a	25.93 ± 4.63^a
生姜提取液组	0	2.96 ± 1.28^b	5.93 ± 1.28^b	14.07 ± 3.39^b
甘草-壳聚糖保鲜剂组	0	1.48 ± 1.28^b	2.86 ± 1.28^c	5.93 ± 1.28^c

表 3 贮藏期间草莓的可滴定酸含量变化(% , n=3)
Table 3 Titratable acid content variation of strawberries during storage(% , n=3)

组别	0 d	2 d	4 d	6 d
空白对照组	0.256 ± 0.016	0.210 ± 0.011^b	0.160 ± 0.010^b	0.107 ± 0.007^b
生姜提取液组	0.256 ± 0.016	0.236 ± 0.012^a	0.219 ± 0.024^a	0.173 ± 0.012^a
甘草-壳聚糖保鲜剂组	0.256 ± 0.016	0.249 ± 0.017^a	0.225 ± 0.017^a	0.185 ± 0.013^a

表 4 贮藏 6 d 奶油草莓的维生素 C 含量变化(mg/100 g , n=3)
Table 4 Changes in vitamin C content of creamy strawberries stored for 6 d(mg/100 g , n=3)

组别	0 d	2 d	4 d	6 d
空白对照组	77.82 ± 4.41	65.67 ± 6.08^b	46.73 ± 3.74^b	25.78 ± 2.18^b
生姜提取液组	77.82 ± 4.41	73.36 ± 4.12^a	62.45 ± 2.46^a	48.59 ± 3.18^a
甘草-壳聚糖保鲜剂组	77.82 ± 4.41	72.11 ± 4.35^a	60.73 ± 3.62^a	49.96 ± 3.51^a

表 5 不同处理组 POD 活性变化(U/g , n=3)
Table 5 Changes in POD activity in different treatment groups(U/g , n=3)

组别	0 d	2 d	4 d	6 d
空白对照组	114.48 ± 3.71	82.64 ± 3.48^c	51.23 ± 3.16^c	21.87 ± 1.45^c
生姜提取液组	114.48 ± 3.71	94.38 ± 4.17^b	80.45 ± 3.41^b	53.35 ± 2.78^b
甘草-壳聚糖保鲜剂组	114.48 ± 3.71	108.36 ± 3.62^a	95.52 ± 4.35^a	72.83 ± 2.99^a

3.6 保鲜剂对超氧化物歧化酶活性影响

由表 6 得知, 草莓超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)活性随着贮藏天数的延长迅速下降, 空白对照组 SOD 活性从第 2 d 的(71.45±4.52) U/g 下降到了第 6 d 的(20.43±

1.49) U/g, 损失率高达 71.41%。生姜提取液和甘草-壳聚糖保鲜剂都能显著抑制 SOD 活性下降($P<0.05$), 甘草-壳聚糖保鲜剂效果更佳, 第 6 d 时, 甘草-壳聚糖保鲜剂组 SOD 活性为(58.73±2.98) U/g, 显著高于生姜提取液组(高 187.47%)。

表 6 不同处理组 SOD 活性变化(U/g, $n=3$)
Table 6 Changes in SOD activity in different treatment groups(U/g, $n=3$)

组别	0 d	2 d	4 d	6 d
空白对照组	87.96±4.37	71.45±4.52 ^b	48.43±1.39 ^c	20.43±1.49 ^c
生姜提取液组	87.96±4.37	80.38±4.16 ^a	62.36±2.41 ^b	39.25±1.75 ^b
甘草-壳聚糖保鲜剂组	87.96±4.37	85.26±3.62 ^a	75.50±2.24 ^a	58.73±2.98 ^a

4 结论与讨论

研究表明, 草莓采收后还继续进行呼吸与代谢, 影响了草莓的感官、营养和生化指标, 由于有着正常的呼吸作用和代谢作用, 持续的损耗草莓本身的水分, 从而影响了草莓的品质^[15]。空白对照组草莓可滴定酸含量下降较明显, 表明草莓呼吸作用明显, 加速衰老过程, 导致草莓迅速腐烂, 另外草莓外表面柔软且没有较硬的果皮保护, 容易出现损伤造成微生物的入侵, 引起腐烂变质, 造成可滴定酸含量和维生素 C 含量的流失, 所以空白组失重明显, 腐烂指数最高。2 种保鲜方法都表现出较好的效果, 生姜汁所含的天然抗菌素具有抑制和杀灭多种微生物生长和繁殖的作用, 具有抗菌的效果^[11,16], 曹雅琦等^[17]研究表明甘草具有抑菌活性, 而且壳聚糖具有成膜性^[18], 也有一定的抑菌效果^[19], 在草莓表面形成了一层半透膜, 相当于增加了草莓外表皮的厚度, 在一定的程度上阻挡了水分的扩散, 降低了水蒸气透膜的速度, 减少了水分的流失, 甘草-壳聚糖保鲜剂抑制草莓腐烂效果相对更好。

超氧阴离子是植物体内的主要活性氧, 能加快衰老过程, 其清除主要依靠某些酶系统和抗氧化物质来实现, 例如超氧化物歧化酶 SOD、过氧化物酶(peroxidase, POD)、维生素 C 等是植物体内酶类自由基清除剂^[20], 能有效地清除超氧阴离子^[21]。本研究显示贮存期间空白对照组草莓的维生素 C 含量、SOD 活性下降明显, 甘草-壳聚糖能明显抑制此过程的发生, 贮藏 6 d 后, 甘草-壳聚糖组比空白对照组维生素 C 含量高 93.79%, 过氧化物酶活性高 233.01%, 超氧化物歧化酶活性高 187.47%, 其原因在于壳聚糖具有气体选择渗透性的性能, 使果实内部形成较高的二氧化碳和较低的氧气环境, 有效抑制和延缓果实呼吸速率^[22,23], 减缓了维生素 C 的氧化, 同时, 甘草提提取液中也含有抗氧化的成分, 减缓了超氧化物歧化酶 SOD、过氧化物酶 POD 活性的下降。常温下, 利用甘草-壳聚糖保鲜剂保存草莓在 4 d 内有较好的效果。

参考文献

[1] Liu YW, Wang SY, Lan WJ, *et al.* Fabrication of polylactic acid/carbon nanotubes/chitosan composite fibers by electrospinning for strawberry preservation [J]. *Int J Biol Macromol*, 2018, 121: 1329–1336.

[2] Hajji, Sawssen Y, Islem A, *et al.* Optimization of the formulation of chitosan edible coatings supplemented with carotenoproteins and their use for extending strawberries postharvest life [J]. *Food Hydrocoll*, 2018, 83: 375–392.

[3] 张胜文, 冯伟, 程思, 等. 羧甲基壳聚糖在草莓保鲜中的应用效果研究 [J]. *中国酿造*, 2014, 33(5): 142–145.

Zhang SW, Feng W, Cheng S, *et al.* Application of carboxymethyl chitosan on strawberry fresh-keeping [J]. *China Brew*, 2014, 33(5): 142–145.

[4] Haraguch H, Ishikawa H, Mizutani K, *et al.* Antioxidative and superoxide scavenging activities of retrochalcones in glycyrrhiza inflata Bioorg [J]. *Med Chem*, 1998, 6(3): 339–347.

[5] 王萍, 冯亚净. 响应面优化超声提取甘草渣总黄酮工艺及抗氧化研究 [J]. *中国食品添加剂*, 2020, 31(4): 76–84.

Wang P, Feng YJ. Optimization of ultrasonic-assisted extraction process and antioxidant activities of total flavonoids from licorice residues [J]. *China Food Addit*, 2020, 31(4): 76–84.

[6] 陈巧, 窦磊. 甘草提取物对四种牙周常见致病菌的抑菌作用[J]. *中国微生物学杂志*, 2018, 30(10): 1147–1149, 1168.

Chen Q, Dou L. Antimicrobial activity of glycyrrhiza uralensis extract against four common periodontal pathogens *in vitro* [J]. *Chin J Microecol*, 2018, 30(10): 1147–1149, 1168.

[7] Sajomsang W. Synthetic methods and applications of chitosan containing pyridylmethyl moiety and its quaternized derivatives: A review [J]. *Carbohydr Polymers*, 2010, 80(3): 631–647.

[8] 谭福能, 金梦飞. 羧甲基壳聚糖/海藻酸钠/纳米二氧化硅涂膜保鲜草莓[J]. *食品工业*, 2020, 41(2): 155–158.

Tan FN, Jin MF. Carboxymethyl chitosan with different degree of substitution/sodium alginate/nano SiO₂ composite coating on strawberry preservation [J]. *Food Ind*, 2020, 41(2): 155–158.

[9] 顾伟钢. 煮制猪肉蛋白降解产物及保鲜方法研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2012.

Gu WG. Study on protein degradation products and preservation methods for boiled-pork [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2012.

[10] 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.
- Cao JK, Jiang WB, Zhao YM. Experimental guidance of postharvest physiology and biochemistry of fruits and vegetables [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2007.
- [11] 刘楠楠, 杨静. 大蒜、生姜不同比例复配液对青椒保鲜效果的影响[J]. 食品科技, 2018, 43(7): 25–29.
- Liu NN, Yang J. Effect of different proportions of garlic and ginger on fresh-keeping of green pepper [J]. Food Sci Technol, 2018, 43(7): 25–29.
- [12] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- Gao JF. Experimental guidance of plant physiology [M]. Beijing: Higher Education Press, 2006.
- [13] 王嵩林. 生物化学实验技术[M]. 北京: 北京科学出版社, 2007.
- Wang SL. Biochemical experiment technology [M]. Beijing: Beijing Science Press, 2007.
- [14] Erkan M, Wang SY, Wang CY. Effect of UV treatment on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activity and decay in strawberry fruit [J]. Postharv Biol Technol, 2008, 48(2): 163–171.
- [15] 赵亚珠, 郝晓秀, 孟婕, 等. 百里香精油抗菌包装纸箱对草莓保鲜效果的影响[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(11): 258–263.
- Zhao YZ, Hao XX, Meng J, *et al.* Effect of antimicrobial packaging cartons coated with thyme essential oil on quality and shelf life of strawberries [J]. Food Ferment Ind, 2020, 46(11): 258–263.
- [16] 张强, 孙玉军, 蒋圣娟, 等. 洋葱、生姜、大蒜提取物对冷却肉保鲜效果的研究[J]. 食品工业科技, 2015, 36(4): 310–314.
- Zhang Q, Sun YJ, Jiang SJ, *et al.* Preservation effects of onion, ginger and garlic extraction on chilled pork [J]. Sci Technol Food Ind, 2015, 36(4): 310–314.
- [17] 曹雅琦, 魏丹丹, 张森, 等. 苦参异戊烯基黄酮与甘草黄酮联用体外抑菌活性评价及抗小鼠乳腺炎作用研究[J]. 南京中医药大学学报, 2020, 36(3): 331–338.
- Cao YQ, Wei DD, Zhang S, *et al.* Bacteriostasis of prenylated flavonoids from *sophora flavescens* and flavonoids from *glycyrrhiza uralensis* alone and their combination on *staphylococcus aureus* and experimental mastitis [J]. J Nanjing Univ Tradit Chin Med, 2020, 36(3): 331–338.
- [18] 徐佳琦. 桑叶复方对草莓等水果保鲜作用及其机制研究[D]. 上海: 华东理工大学, 2013.
- Xu JQ. The reaserch on effect of fruits (sucha as and strawberry) perservation and mechanism of mulberry leaves compound [D]. Shanghai: East China University of Science and Technology, 2013.
- [19] Ventura-Aguilar R, Bautista-Banos S, Flores-Garcia G, *et al.* Impact of chitosan based edible coating functionalized with natural compounds on colletorichum fragariae development and the quality of strawberries [J]. Food Chem, 2018, 262: 142–149.
- [20] 胡晓亮, 周国燕, 王春霞, 等. 3 种天然保鲜剂对荸荠杨梅贮藏保鲜效果[J]. 食品与发酵工业, 2011, 37(6): 216–219.
- Hu XL, Zhou GY, Wang CX, *et al.* Research of three natural preservatives on fresh-keeping of Biqi bayberry [J]. Food Ferment Ind, 2011, 37(6): 216–219.
- [21] 刘志祥, 曾超珍. 甘草提取液对杨梅的保鲜效果[J]. 江苏农业科学, 2009, 8(5): 247.
- Liu ZX, Zeng CZ. Preservation effect of licorice extract on *Myrica rubra* [J]. Jiangsu Agric Sci, 2009, 8(5): 247.
- [22] 祁文彩, 张金国, 王丹, 等. 壳聚糖复合膜在果蔬保鲜应用中的研究进展[J]. 北方园艺, 2018, (21): 169–175.
- Qi WC, Zhang JG, Wang D, *et al.* Research progress of chitosan composite film applied in freshness preservation of fruits and vegetables [J]. Northern Horticolt, 2018, (21): 169–175.
- [23] Gol NB, Patel PR, Rao TVR. Improvement of quality and shelf-life of strawberries with edible coatings enriched with chitosan [J]. Postharv Biol Technol, 2013, 85(3): 185–195.

(责任编辑: 韩晓红)

作者简介

汪 波, 博士, 副教授, 主要研究方向
为生物资源开发与利用。
E-mail: wangbozai@163.com