DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20250928005
引用格式: 张霁红, 毛健鑫, 李明泽, 等. 不同浓度金银花提取物对软儿梨贮藏品质影响研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2026, 17(3): 22–30.
ZHANG JH, MAO JX, LI MZ, *et al*. Study on the effects of different concentrations of *Lonicera japonica* extract on the storage quality of *Pyrus ussuriensis* Ruan'er [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2026, 17(3): 22–30. (in Chinese with English abstract).

不同浓度金银花提取物对软儿梨贮藏品质影响研究

张霁红[1], 毛健鑫[2], 李明泽[1], 李 祯[1], 谢亚琼[1], 王玉安[1*]
(1. 甘肃省农业科学院农产品贮藏加工研究所, 兰州 730070; 2. 甘肃农业大学园艺学院, 兰州 730070)

摘 要: 目的 探究不同浓度金银花提取物对软儿梨果实采后贮藏品质的影响。**方法** 以 2%、4%、6%、8%的金银花提取物浸泡处理软儿梨, 以蒸馏水处理为对照, 于 25 ℃贮藏。定期测定果实乙烯释放速率、呼吸强度、硬度、失重率、色差、可溶性固形物(soluble solid content, SSC)、可滴定酸(titratable acidity, TA)含量以及超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)、过氧化物酶(peroxidase, POD)、过氧化氢酶(catalase, CAT)活性和丙二醛(malondialdehyde, MDA)含量等指标, 并进行相关性分析。**结果** 金银花提取物中富含总酚和总黄酮, 不同浓度提取物抑制乙烯释放和呼吸强度, 延缓硬度下降、失重率上升及 SSC、TA 降解, 降低褐变度 a^*。6%~8%处理效果最佳, 能提升 SOD、POD、CAT 活性, 抑制 MDA 积累。相关性分析表明, MDA 与失重率、a^*呈极显著正相关(P<0.001), 与硬度呈极显著负相关(P<0.001)。**结论** 金银花提取物能有效保持软儿梨的贮藏品质, 其中以 6%~8%浓度的处理效果最佳, 具备良好应用潜力。

关键词: 金银花提取物; 软儿梨; 贮藏品质; 天然保鲜剂; 采后生理

Study on the effects of different concentrations of *Lonicera japonica* extract on the storage quality of *Pyrus ussuriensis* Ruan'er

ZHANG Ji-Hong[1], MAO Jian-Xin[2], LI Ming-Ze[1], LI Zhen[1], XIE Ya-Qiong[1], WANG Yu-An[1*]
(1. *Agricultural Product Storage and Processing Research Institute*, *Gansu Academy of Agricultural Sciences*, *Lanzhou* 730070, *China*; 2. *College of Horticulture*, *Gansu Agricultural University*, *Lanzhou* 730070, *China*)

ABSTRACT: Objective To investigate the effects of different concentrations of *Lonicera japonica* extract on the postharvest storage quality of *Pyrus ussuriensis* Ruan'er fruits. **Methods** *Pyrus ussuriensis* Ruan'er were treated by immersion with 2%, 4%, 6% and 8% *Lonicera japonica* extract, using distilled water treatment as the control, and stored at 25 ℃. The ethylene release rate, respiration intensity, firmness, weight loss rate, color difference, soluble

收稿日期: 2025-09-28
基金项目: 甘肃省农业科学院重点研发计划项目(2023GAAS16); 甘肃省科技计划项目东西部科技协作专项(24CXNA023); 皋兰县科技计划项目(2025-18)
第一作者: 张霁红(1977—), 女, 硕士, 副研究员, 主要研究方向为农产品贮藏加工。E-mail: 172235399@qq.com
***通信作者:** 王玉安(1974—), 男, 硕士, 研究员, 主要研究方向为果品贮藏加工。E-mail: 397959279@qq.com

solid content (SSC), titratable acidity (TA) content, as well as the activities of superoxide dismutase (SOD), peroxidase (POD), catalase (CAT) and malondialdehyde (MDA) content were measured periodically. Correlation analysis was also conducted. **Results** *Lonicera japonica* extract was rich in total phenols and total flavonoids. Different concentrations of the extract inhibited ethylene release and respiration intensity, delayed the decline in firmness and the increase in weight loss rate, slowed the degradation of SSC and TA, and reduced the browning index (a^*). The 6%–8% treatments showed the best effects, enhancing the activities of SOD, POD and CAT and inhibiting MDA accumulation. Correlation analysis indicated that MDA was extremely significantly positively correlated with weight loss rate and a^* (P<0.001), and extremely significantly negatively correlated with firmness (P<0.001). **Conclusion** *Lonicera japonica* extract effectively maintains the storage quality of *Pyrus ussuriensis* Ruan'er, with the 6%–8% concentration treatments showing the best effects and demonstrating strong application potential.

KEY WORDS: *Lonicera japonica* extract; *Pyrus ussuriensis* Ruan'er; storage quality; natural preservative; postharvest physiology

0　引　言

软儿梨(*Pyrus ussuriensis* Ruan'er)为蔷薇科梨属秋子梨系统的地方品种, 主要分布于我国甘肃、青海等西北地区[1]。该果实采收初期质地较硬、口感酸涩, 商品性较差, 需经后熟处理进入呼吸跃变阶段后, 果肉逐渐软化、果皮变薄、汁液含量显著增加, 方可达到最佳食用品质[2–4]。软儿梨营养丰富, 含苹果酸、柠檬酸、葡萄糖酸及蔗糖等多种活性成分, 不仅具有较高的营养价值, 还具备止咳润肺等保健功能, 因而市场开发潜力较大[5–6]。然而, 软儿梨在采后后熟过程中果实组织软化明显, 易发生褐变与腐烂, 导致其耐贮性差, 货架期短, 严重制约了该特色果品的产业化开发与市场推广进程[7]。

中草药富含多酚类化合物、有机酸、精油及植物激素等多种活性成分, 具备抗氧化、抗菌和抗病毒等多种生物活性, 在绿色食品保鲜领域显示出良好的应用潜力[8–10]。邓学良等[11]将虎杖、黄芩和苦参的提取液与淀粉复合处理"晚大新高"梨, 结果表明该复合处理对梨轮纹病和梨黑星病具有明显抑制作用, 并可有效延长果实贮藏期。牛俊乐等[12]的研究也指出, 丁香、肉桂、番麻等植物提取物对采后芒果的致病菌具有显著抑制效果, 表现出良好的保鲜作用。我国中草药资源丰富, 全国中药资源普查数据显示, 约有上千种药用植物对细菌及其他病原微生物表现出不同程度的抗菌活性[13–14]。这些植物源提取物作为天然保鲜剂, 具有来源广泛、活性多样、安全性高以及环境友好等优势[15], 为其在采后果蔬保鲜中的进一步开发与应用提供了重要基础。

金银花(*Lonicera japonica* Thunb)含有丰富的有机酸、黄酮类和挥发油等活性成分, 具有清热解毒、抗炎、护肝以及调节血糖血脂等多种药理活性[16–18]。在抗菌方面, 康旭等[19]研究表明, 金银花提取液对枯草芽孢杆菌、大肠杆菌等常见致病菌具有较强的抑制效果, 其主要抗菌成分为绿原酸。绿原酸属于酚酸类化合物, 由咖啡酸与奎尼酸通过酯键结合形成, 分子中的邻二酚羟基和 α,β-不饱和酯键等活性基团赋予其良好的抗氧化与抑菌性能[20–21]。张前熙[22]进一步指出, 绿原酸在抗菌消炎方面作用显著, 具有重要的临床应用价值。近年来, 金银花及其活性成分在果蔬采后保鲜领域的应用潜力逐步受到关注。杨明阳等[23]研究证实, 金银花绿原酸提取物对鲜切苹果和梨具有一定的保鲜效果; 毛健鑫等[24]则发现, 金银花提取物处理可有效抑制软儿梨果实的乙烯释放速率, 延缓衰老进程, 有利于保持其后熟品质。然而, 目前关于金银花提取物在果蔬保鲜中的作用机制及关键技术参数仍缺乏系统研究。基于此, 本研究以软儿梨为实验材料, 系统探讨不同浓度金银花提取物对其采后贮藏期间生理生化指标的影响, 旨在明确其保鲜效果并确定适宜的技术参数, 为开发绿色、安全的果蔬保鲜技术提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　材料与试剂

软儿梨于 2024 年 10 月 2 日采自甘肃省兰州市皋兰县什川镇, 果实七成熟, 大小均匀无病虫害, 无机械伤; 金银花采自甘肃省陇西县, 花蕾自然风干, 粉碎过 40 目筛。

福林酚(即用型, 产品目录号: CLB-1029, 北京酷来搏科技有限公司); 没食子酸(纯度≥98%)、芦丁(纯度≥98%)(北京索莱宝科技有限公司); 无水乙醇、氢氧化钠(分析纯, 国药集团化学试剂有限公司); 无水碳酸钠(分析纯, 天津市光复科技发展有限公司); 亚硝酸钠(分析纯, 天津市百世化工有限公司); 超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)、过氧化物酶(peroxidase, POD)、过氧化氢酶(catalase, CAT)、丙二醛(malondialdehyde, MDA)酶活性试剂盒(北京盒子生工科技有限公司); 试验用水均为超纯水。

1.2　仪器与设备

GXH-3051H 型红外 CO_2 分析仪(北京均方理化科技研究所); SP-3420 型气相色谱仪(北京北分瑞利分析仪器有限责任公司); CR-400 色彩色差仪(杭州柯盛行有限公司);

GY-2 果实硬度计(北京阳光亿事达科技有限公司); UV-4802 型紫外可见分光光度计(尤尼柯上海仪器有限公司); Molecular Devices SpectraMAX 190 酶标仪(上海艾研生物科技有限公司); HH-S4A 型水浴锅(北京科伟永兴仪器有限公司); TGL-16MC 台式高速冷冻离心机(上海安亭科学仪器厂); BSA224S-CW 型电子天平(精度 0.1 mg, 广州市深华生物技术有限公司); BCD-406WL 家用冰箱(海尔智家股份有限公司); PAL-1 数显折光仪(日本 ATAGO 公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 金银花提取物的制备

将金银花粉与纯水以 1:30 (*m*:*m*)混匀, 使用超声波 25 ℃提取 5 min 后再用 85 ℃水浴浸提 2 h, 用纱布将残渣过滤, 4 ℃, 8000 r/min 离心 10 min 取上清液, 旋转蒸发仪设置为 65 ℃, 旋转速率 60 r/min, 真空度: 6.5 mmHg, 将过滤后的金银花提取物浓度控制在 1%、2%、3%、4%、5%、6%、7%、8%、9%、10%。

1.3.2 软儿梨分组处理

选择成熟度相近, 大小一致的软儿梨 675 个, 分为 5 组, 分别用 2%、4%、6%、8%浓度的金银花提取物浸泡 10 min, 以纯水处理为对照组(CK), 自然晾干后, 常温(25 ℃)条件下, 每天取样, 测 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9 d 中果实硬度、色度、可溶性固形物(soluble solid content, SSC)、可滴定酸(titratable acidity, TA)、乙烯释放率、呼吸速率、SOD 活性、POD 活性、MDA 活性、CAT 活性等生理生化指标, 每次测定 3 个果实每个处理重复 3 次。

1.3.3 测定指标

金银花提取物中总黄酮含量、总酚含量参考文献[25]的方法测定; 果实呼吸强度、乙烯释放速率参考吴小华等[26]的方法进行测定; 果实失重率采用称重法测定; 果实硬度使用果实硬度计测定; SSC 含量使用数显折光仪测定; TA 含量, 采用酸碱滴定法; 果实色差采用 CR-400 色彩色差仪检测; SOD、POD、MDA、CAT 酶活性测定, 参照北京盒子生工科技有限公司操作。

1.4 数据处理

采用 Excel 2010 软件进行数据分析, 采用 Origin 2021 软件进行绘图。

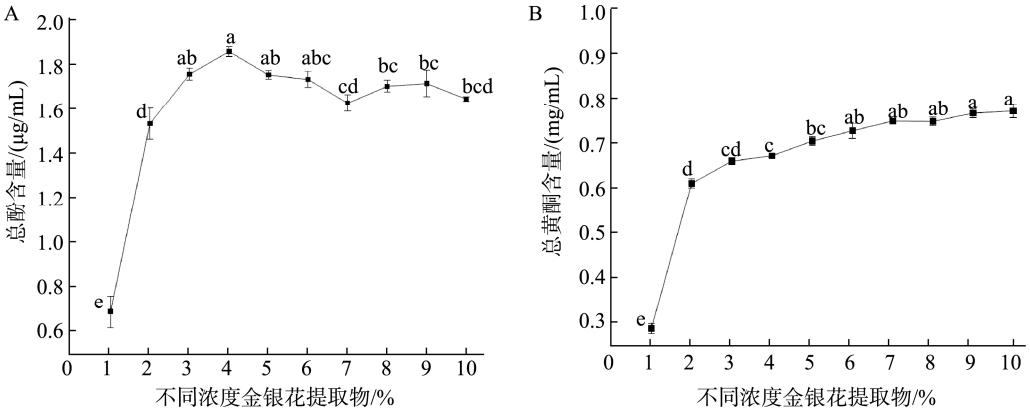
2 结果与分析

2.1 不同浓度金银花提取物总酚、总黄酮含量

如图 1A 所示, 随金银花提取物浓度升高, 总酚含量呈上升后趋于饱和的趋势。统计学分析表明, 1%浓度与 2%~10%浓度间总酚含量差异显著(P<0.05), 1%浓度提取物中总酚含量最低为 0.72 μg/mL。2%~4%金银花提取物处理组浓度区间总酚含量上升迅速, 至 4%时达到峰值, 为 1.84 μg/mL。在 4%~6%金银花提取物处理组浓度区间, 总酚含量缓慢下降, 各组无显著差异(P>0.05); 7%~10%金银花提取物处理组浓度区间, 总酚含量呈现先升高后降低趋势, 基本保持平稳, 各浓度间无显著差异(P>0.05)。

如图 1B 所示, 在 1%至 10%浓度范围内, 金银花提取物中的总黄酮含量随提取浓度增加呈持续上升趋势。1%浓度提取物的总黄酮含量最低为 0.27 mg/mL, 且与其他各浓度处理间均存在显著差异(P<0.05)。10%浓度提取物中总黄酮含量最高, 达 0.77 mg/mL。0%~6%金银花提取物处理组浓度区间, 软儿梨总黄酮含量总体呈现上升趋势, 6%~10%金银花提取物处理组浓度区间, 软儿梨总黄酮含量含量增速放缓, 至 10%浓度时达到最大值。。

金银花提取物中的总酚与总黄酮通过清除自由基和抑制氧化反应, 在水果保鲜中发挥核心抗氧化作用。二者协同效应显著, 可有效延缓品质劣变, 体现天然安全的保鲜特性。结合图 1A 与图 1B, 2%~10%浓度金银花提取物的总酚与总黄酮含量综合较优, 表明该区间具备良好抗氧化潜力, 适用于后续保鲜应用。



注: 不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。

图 1 不同浓度金银花提取物中总酚与总黄酮含量

Fig.1 Content of total phenolics and total flavonoids in different concentrations of *Lonicera japonica* extracts

2.2　不同浓度金银花提取物对软儿梨乙烯释放速率与呼吸速率的影响

软儿梨贮藏期间会释放大量乙烯，促进果实成熟。如图 2A 所示，金银花提取物处理可延缓乙烯释放峰值出现时间，并降低峰值强度。CK 组乙烯释放速率于第 3 d 达到最高为 114.53 μL • kg^{-1} • h^{-1}，而 2%和 4%处理组峰值分别推迟至第 4 d 为 87.46 μL • kg^{-1} • h^{-1} 和第 5 d 84.86 μL • kg^{-1} • h^{-1}。6%和 8%处理组均于第 6 d 达到峰值，分别为 75.07 μL • kg^{-1} • h^{-1} 和 67.19 μL • kg^{-1} • h^{-1}，其中 8%处理组峰值略低。

随着乙烯浓度增加，软儿梨果实呼吸速率上升并出现呼吸跃变。如图 2B 所示，CK 组呼吸强度于第 5 d 达到峰值呼吸速率为 56.26 mg • kg^{-1} • h^{-1}，而 2%与 4%金银花提取物处理组延至第 7 d 达到峰值，分别为 38.75 mg • kg^{-1} • h^{-1} 和 40.32 mg • kg^{-1} • h^{-1}。6%和 8%处理组呼吸速率亦于第 8 d 达到峰值，分别为 42.76 mg • kg^{-1} • h^{-1} 和 37.40 mg • kg^{-1} • h^{-1}。与 CK 相比，金银花提取物处理有效延缓了乙烯释放，抑制了呼吸速率，从而推迟了果实衰老进程。

2.3　不同浓度金银花提取物对软儿梨果实内在品质的影响

SSC 与总酸是评价果实内在品质的两大核心指标：前者反映风味物质的积累程度，后者则关乎酸味物质的平衡状态。两者协同影响果实的食用口感与商品价值[27]。

如图 3A 所示，软儿梨贮藏期间，SSC 含量总体呈先缓慢上升后逐渐下降的趋势。与对照组(CK)相比，经不同浓度金银花提取物处理后，果实 SSC 含量达到峰值的时间有所推迟。CK 组在第 5 d 达到最大值为 13.26%，而 2%和 4%处理组推迟至第 7 d，6%和 8%处理组则进一步延迟至第 8 d，峰值可溶性含量分别为 13.44%和 13.56%。

软儿梨贮藏期间 TA 含量的变化受果实代谢途径调控、底物消耗与转化以及环境因素等共同影响。如图 3B 所示，贮藏过程中，果实 TA 含量总体呈先上升后下降的趋势。对照组(CK)第 4 d 达到峰值总酸含量为 11.6 g/L，2%浓度处理组峰值出现于第 6 d 为 11.5 g/L，4%浓度组于第 7 d 达到峰值为 11.5 g/L，6%和 8%浓度组则延迟至第 8 d 达到峰值 11.6 g/L、11.7 g/L，此后各处理组 TA 含量均逐渐

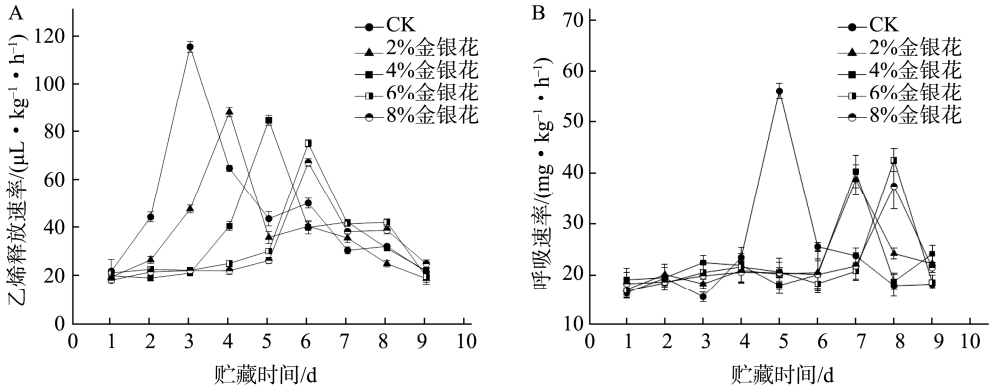


图 2　不同浓度金银花提取物对软儿梨乙烯释放速率与呼吸强度的影响

Fig.2　Effects of different concentrations of *Lonicera japonica* extract on ethylene production rate and respiration intensity of *Pyrus ussuriensis* Ruan'er

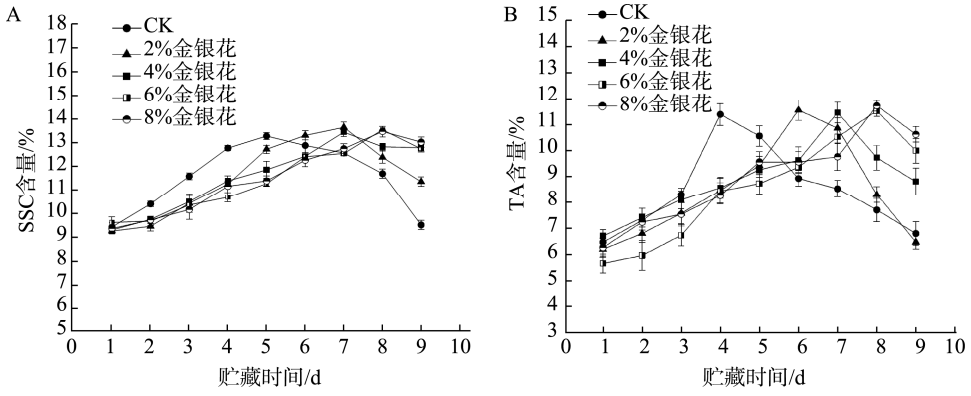


图 3　不同浓度金银花提取物对软儿梨果实内在品质的影响

Fig.3　Effects of different concentrations of *Lonicera japonica* extract on internal quality of *Pyrus ussuriensis* Ruan'er

下降。该变化趋势与果实成熟进程推进及代谢底物消耗和转化密切相关。

2.4 不同浓度金银花提取物对软儿梨果实物理特性品质的影响

果实失重率和硬度是采后生理与商品化处理中的关键指标。如图 4A 所示，软儿梨果实失重率随贮藏时间延长而持续上升。至第 8 d，CK 组和 2%处理组失重率分别为 3.45%和 3.07%，而 4%、6%和 8%处理组数值相对较低，其中 6%处理组失重率最低，为 1.87%。长期失重会加速果实软化，导致硬度下降。如图 4B 所示，各处理组果实硬度随贮藏时间逐渐降低。第 8 d 时，CK、2%、4%、6%和 8%处理组的硬度分别降至 2.23、3.21、3.43、3.50、3.80 kg/cm^2。CK 组硬度下降最快，而 8%金银花提取物处理组在维持果实硬度方面效果最明显。

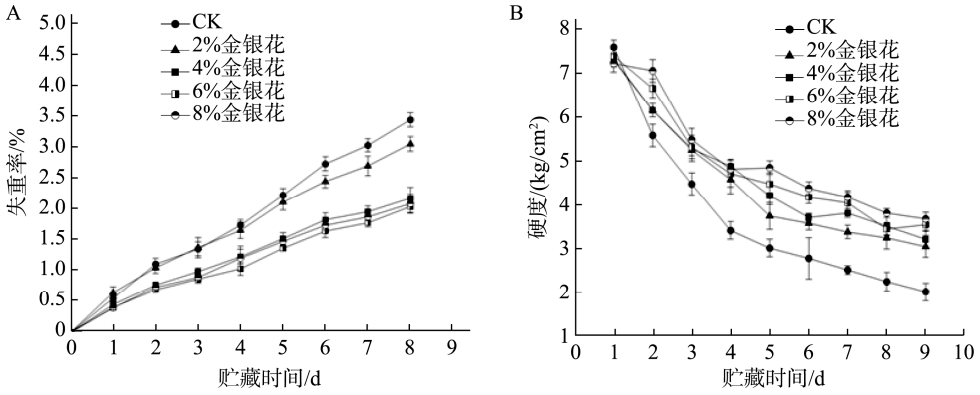


图 4 不同浓度金银花提取物对软儿梨果实失重率与硬度的影响

Fig.4 Effects of different concentrations of *Lonicera japonica* extract on weight loss and hardness of *Pyrus ussuriensis* Ruan'er

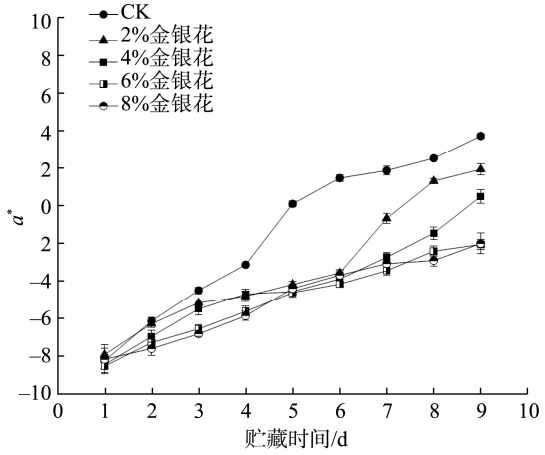


图 5 不同浓度金银花提取物对软儿梨果实色度的影响

Fig.5 Effects of different concentrations of *Lonicera japonica* extract on fruit chroma of *Pyrus ussuriensis* Ruan'er

2.5 不同浓度金银花提取物对软儿梨果皮色度的影响

金银花提取物中的抗氧化成分，可以抑制活性氧物质(reactive oxygen species, ROS)对叶绿素和类胡萝卜素的氧化，保持果实色泽，延缓色素降解[28]。采用色差计测定贮藏期间软儿梨的色度变化。其中，a^*代表红绿度(+a^*为红色方向)，其值增大通常表明果实褐变程度加剧。

如图 5 所示，各处理组 a^*总体呈上升趋势。对照组(CK)在贮藏 1~9 d 内 a^*始终最高，4 d 后明显上升，可能因乙烯诱导呼吸跃变导致转色期提前，至第 9 d 达到峰值为 3.86。2%金银花提取物处理组在 1~5 d 的 a^*曲线与 4%处理组走势较为贴近，二者数值差距较小；自第 6 d 起，2%组 a^*上升速率加快，但直至贮藏结束，其 a^*始终低于 CK 组，第 9 d 时较 CK 低 49.22%。4%处理组在第 8 d a^*急剧上升，第 9 d 为 0.13，较 CK 低 96.63%。6%与 8%处理组 a^*变化趋势相近，第 9 d 分别为–1.94 和–2.22，表明褐变程度最轻。

2.6 不同浓度金银花提取物对软儿梨抗氧化酶的影响

POD 是评估果实后熟进程的关键指标之一，其活性变化与果实软化、色泽转化、抗氧化能力及褐变过程密切相关[29]。如图 6A 所示，各处理组 POD 活性均呈现先上升后下降的趋势，且对照组(CK)的 POD 活性低于各金银花提取物处理组。在贮藏第 6 d，POD 活性达到峰值，其具体表现分别为：CK (2.46 U/g)<2% (3.12 U/g)<4% (3.31 U/g)<6% (3.42 U/g)<8% (3.46 U/g)。

SOD 活性是衡量果实抗衰老能力的重要指标。从图 6B 可见，在贮藏 1~9 d 内，各处理组 SOD 活性均“快速上升-峰值-缓慢下降”的单峰变化趋势，与 CK 组趋势一致，反映了软儿梨在贮藏前期抗氧化响应激活、后期逐渐衰退的典型特征。除第 2 d，CK 组 SOD 活性总体低于各处理组。贮藏前 2 d，CK 分别高于 2%和 4%处理组 15.82%和 3.74%，可能与初期抗氧化系统未充分激活有关；自第 3 d 起，CK 活性增速减缓并逐渐低于处理组。第 4 d 时，CK、2%、4%、6%、8%处理组活性均达峰值，分别为 22.50、28.67、30.28、34.52、34.76 U/g，此后持续下降。6%和 8%处理组的 SOD 活性在整个贮藏期内保持相近，且高于其他组别，表明抗衰老能力较强。

MDA是脂质过氧化的关键产物，其含量可灵敏反映细胞膜受氧化损伤的程度，进而影响果实的成熟衰老与采后品质。从图 6C 可以看出，各处理组 MDA 含量随贮藏时间均上升，其中对照组(CK)上升幅度最大、速度最快，在第 5 d 时已明显高于其他处理组。至贮藏末期，CK 及 6%、8%金银花提取物处理组的 MDA 含量依次达到峰值，分别为 28.83、20.56、19.82 nmol/g。CK 组活性最高，表明各处理组均能不同程度抑制 MDA 积累，且抑制效果与提取物浓度呈正相关，其中 6%与 8%处理组的控制效果最为接近且明显。

CAT 是果实抗氧化系统的关键酶，通过分解 H_2O_2 维持细胞内氧化还原稳态，其在呼吸跃变型果实成熟过程中的活性变化直接影响抗氧化能力与衰老进程。如图 6D 所示，各处理组 CAT 活性均呈先升后降趋势，对照组(CK)活性始终低于处理组，且峰值为 32.46 U/g，最早出现于第 5 d，2%和 4%处理组在第 6 d 达到峰值，分别为 37.46 U/g 和 40.87 U/g；6%和 8%处理组峰值进一步推迟至第 7 d，分别为 43.82 U/g 和 45.86 U/g，且在贮藏末期仍维持较高活性。

2.7　6%浓度金银花提取物对软儿梨果实外观品质与生理品质的相关性分析

采用 Origin 2021 软件，对 6%金银花提取物处理下软儿梨果实的外观品质与生理品质指标进行双变量皮尔逊相关分析，明确果实外观品质、内部品质及关键酶活性之间的相关性及变化规律。

图 7 展示了软儿梨采后品质与抗氧化酶活性之间的皮尔逊相关性热图。整体显示，变量呈现出明显的聚类趋势：左侧聚类为品质劣变指标，SSC、失重率、a^*、MDA，右侧聚类为抗氧化酶活性 SOD、POD、CAT，具体而言，代表膜脂过氧化的 MDA 含量与失重率、a^*、SSC 呈极显著正相关(P<0.001)，而与硬度呈显著负相关(P<0.05)。另一方面，3 种抗氧化酶活性之间彼此呈显著正相关(P<0.05)。该结果清晰地表明，果实的品质劣变与氧化损伤过程密切相关，而金银花提取物处理可能通过激活协同作用的抗氧化酶系统来延缓这一过程。

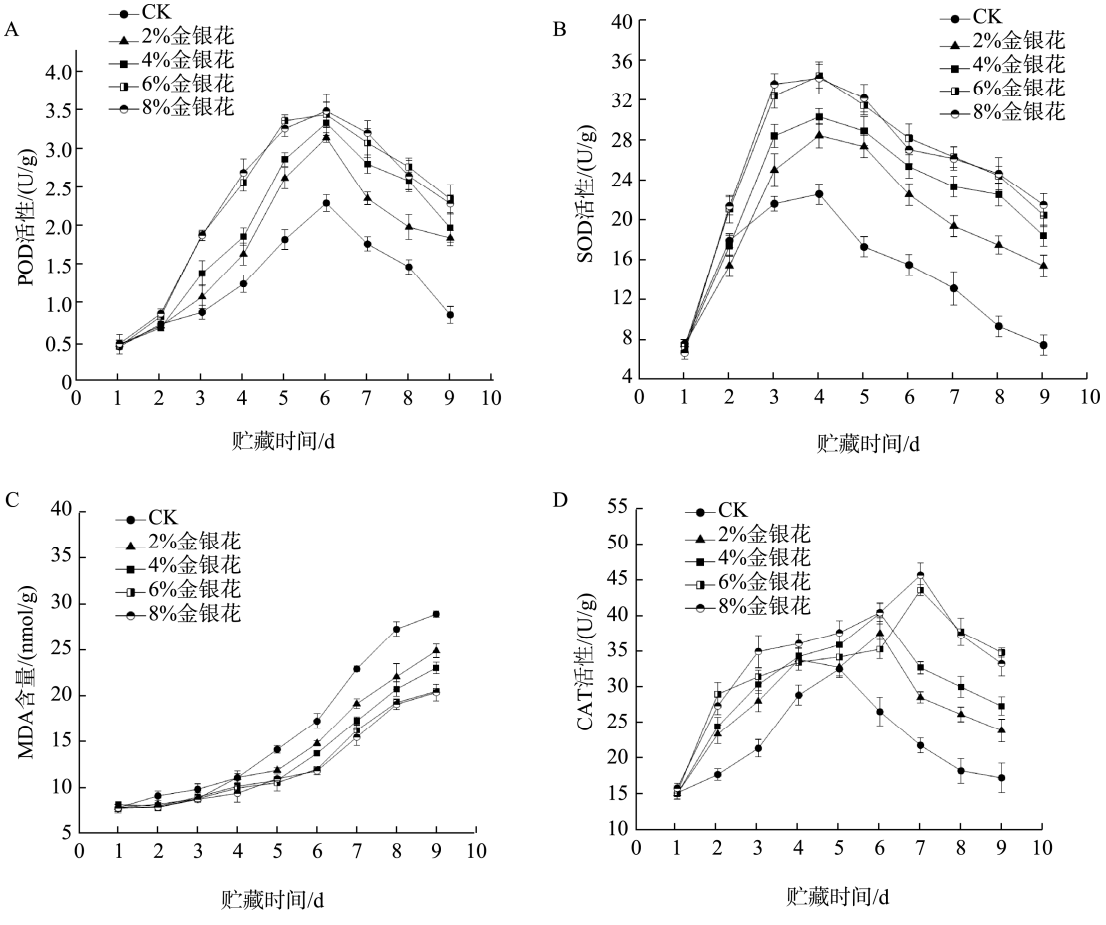
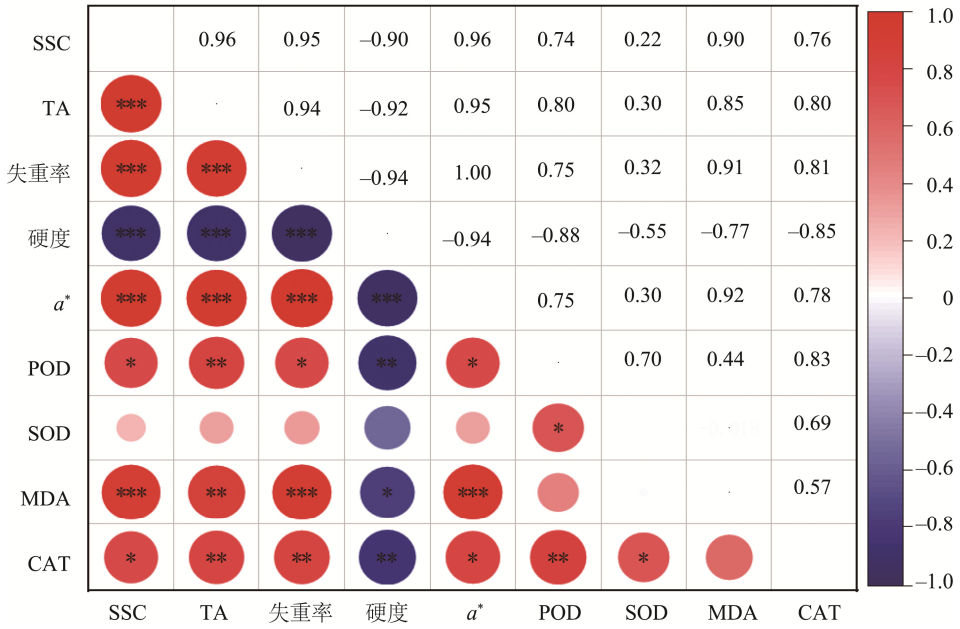


图 6　不同浓度金银花提取物对软儿梨抗氧化酶的影响

Fig.6　Effects of different concentrations of *Lonicera japonica* extract on antioxidant enzymes of *Pyrus ussuriensis* Ruan'er



注: *表示在 0.05 水平显著相关, **表示在 0.01 水平极显著相关, ***表示在 0.001 水平强极显著。

图 7 6%浓度金银花提取物处理对软儿梨果实外观品质与生理品质的相关性分析热图

Fig.7 Heat map of correlation between appearance quality and physiological quality of *Pyrus ussuriensis* Ruan'er fruit treated with 6% concentration of *Lonicera japonica* extract

3 讨论与结论

本研究结果表明，金银花提取物可有效延缓软儿梨采后衰老进程，其保鲜效果呈浓度依赖性，其中 6%~8%浓度处理组效果最佳。该作用主要归因于提取物中所含的绿原酸、黄酮类及多酚类等活性成分，通过协同调控果实生理代谢、维持膜系统完整性以及抑制致腐微生物生长等多途径共同实现[30–31]。

在生理调控方面，金银花提取物处理抑制了果实的乙烯释放速率与呼吸强度，并推迟了呼吸跃变高峰的出现，该结果与植物提取物干预果蔬后熟的普遍报道一致[32–34]。其调控机制可能源于抗氧化与抑菌作用的双重贡献：活性成分通过清除活性氧、增强 SOD、POD、CAT 等内源抗氧化酶活性，降低 MDA 含量，从而减轻膜脂过氧化程度，维持细胞膜结构与功能完整性。膜系统的稳定有助于延缓 SSC、TA 等内含物的降解，并较好地保持果实硬度与色泽。相关性分析进一步显示，MDA 含量与硬度呈显著负相关，与色度 a^*呈极强正相关，说明由氧化损伤引起的膜结构破坏是果实品质劣变的核心机制之一。

在抑菌途径方面，绿原酸等成分对果实表面致腐菌表现出多靶点抑制潜力。其作用机制可能包括破坏细菌细胞壁与细胞膜完整性，引起 K^+等电解质外泄，导致菌悬液电导率升高；同时，活性成分可侵入菌体细胞内，抑制关键蛋白酶活性[35–36]，干扰正常代谢并诱导细胞凋亡，从而协同发挥抑菌作用。

综上所述，金银花提取物通过增强果实抗氧化能力、减轻膜脂过氧化损伤，同时抑制致腐菌增殖，从采后生理与微生物双重路径延缓了软儿梨的衰老进程。本研究为金银花提取物作为天然保鲜剂的开发提供了理论依据。

参考文献

[1] 王金玉. 青海高原地区软儿梨丰产栽培技术[J]. 农业工程技术, 2021, 41(11): 82, 84.
WANG JY. High-yield cultivation techniques of *Pyrus ussuriensis* Ruan'er in the Qinghai plateau region [J]. Agricultural Engineering Technology, 2021, 41(11): 82, 84.

[2] 刘玉莲, 吴玉霞, 黄承建, 等. '软儿梨'常温贮藏和冻融过程中糖类的变化[J]. 北方园艺, 2022(18): 83–89.
LIU YL, WU YX, HUANG CJ, *et al*. Changes of saccharides during room temperature storage and freeze-thaw process in *Pyrus ussuriensis* Ruan'er [J]. Northern Horticulture, 2022(18): 83–89.

[3] 蒋钦任, 马雅美, 马永强, 等. 软儿梨冷冻贮藏过程生理指标的变化研究[J]. 北方园艺, 2013(3): 139–141.
JIANG QR, MA YM, MA YQ, *et al*. Study on the changes of physiological indices during frozen storage of *Pyrus ussuriensis* Ruan'er [J]. Northern Horticulture, 2013(3): 139–141.

[4] 裴鹏正, 贠建民, 贾琦, 等. 软儿梨果酒发酵过程中挥发性风味物质变化分析[J]. 生物技术进展, 2021, 11(6): 758–769.
PEI PZ, YUN JM, JIA Q, *et al*. Analysis of volatile flavor compounds changes during the fermentation of *Pyrus ussuriensis* Ruan'er wine [J]. Current Biotechnology, 2021, 11(6): 758–769.

[5] 贾岩岩. 青海软儿梨冷冻前后果实成分变化研究[J]. 现代农村科技, 2024(12): 79–80.
JIA YY. Study on the changes of fruit composition in Qinghai *Pyrus ussuriensis* Ruan'er before and after freezing [J]. Modern Rural Science and Technology, 2024(12): 79–80.

[6] 梁志宏. 软儿梨果实的品质及其加工相关研究综述[J]. 北方园艺, 2018(4): 180–184.
LIANG ZH. Review on the fruit quality and processing-related research of *Pyrus ussuriensis* Ruan'er [J]. Northern Horticulture, 2018(4): 180–184.

[7] 李祯, 杨发军, 张霁红, 等. 冰温贮藏对软儿梨色泽及挥发性风味物质的影响[J]. 寒旱农业科学, 2024, 3(11): 1042–1047.
LI Z, YANG FJ, ZHANG JH, *et al*. Effects of Ice-temperature storage on the color and volatile flavor compounds of *Pyrus ussuriensis* Ruan'er [J]. Cold and Arid Agricultural Sciences, 2024, 3(11): 1042–1047.

[8] 刘洪冲, 任丽华, 高秋美, 等.中药提取物在果蔬贮藏保鲜中应用的研究进展[J]. 保鲜与加工, 2024, 24(4): 92–96.
LIU HC, REN LH, GAO QM, *et al*. Research progress on the application of Chinese herbal medicine extracts in fruit and vegetable storage and preservation [J]. Storage and Process, 2024, 24(4): 92–96.

[9] BARBOSA CH, ANDRADE MA, VILARINHO F, *et al.* Extension of poultry meat shelf life using *Cynara cardunculus* L. leaf extracts as a natural preservative [J]. Foods, 2025, 14(15): 2592.

[10] WANG M, LI YC, MENG FB, *et al.* Effect of honeysuckle leaf extract on the physicochemical properties of carboxymethyl konjac glucomannan/konjac glucomannan/gelatin composite edible film [J]. Food Chemistry: X, 2023, 18: 100675.

[11] 邓学良, 周文化, 郑仕宏. 中草药提取液与淀粉复合膜在晚大新高梨的应用研究[J]. 食品科技, 2008, 33(12): 218–222.
DENG XL, ZHOU WH, ZHENG SH. Application of composite film of Chinese herbal medicine extract and starch in 'Wandaxin' Gaoli pear [J]. Food Science and Technology, 2008, 33(12): 218–222.

[12] 牛俊乐, 麦馨允, 黄斌, 等. 植物源保鲜剂在芒果采后抑菌保鲜上的研究进展[J]. 保鲜与加工, 2024, 24(5): 112–117.
NIU JL, MAI XY, HUANG B, *et al*. Research progress of plant-derived preservatives on antibacterial preservation of postharvest mango [J]. Storage and Process, 2024, 24(5): 112–117.

[13] 刘娅玲, 郑艳. 中草药型果蔬防腐保鲜剂研究进展[J]. 食品工业科技, 2012, 33(7): 449–452.
LIU YL, ZHENG Y. Research progress on Chinese herbal medicine preservatives for fruits and vegetables [J]. Science and Technology of Food Industry, 2012, 33(7): 449–452.

[14] 王逸夫, 谢裕俊, 马晓鹏, 等. 中草药保鲜剂对鲜切甘薯品质及褐变的影响[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(9): 160–166.
WANG YF, XIE YJ, MA XP, *et al*. Effects of chinese herbal medicine preservative on quality and browning of fresh-cut sweet potato [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2021, 49(9): 160–166.

[15] 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 HY, LI H. Antibacterial screening of ethanol extracts from chinese herbal medicines and their fresh-keeping effects on strawberries [J]. Food Science, 2012, 33(4): 262–266.

[16] GÜNAL-KÖROĞLU D, CAPANOGLU E. Natural preservatives and antioxidants from agriculture: Next generation alternatives [J]. Food Chemistry International, 2025, 1(2): 76–79.

[17] 高杰, 李力恒, 张宇飞, 等. 金银花化学成分、药理作用及现代应用研究进展[J/OL]. 中国实验方剂学杂志, 1–15. [2025-09-28]. https://doi.org/10.13422/j.cnki.syfjx.20251730
GAO J, LI LH, ZHANG YF, *et al.* Research progress on chemical constituents, pharmacological effects, and modern applications of *Lonicerae japonicae* flos [J/OL]. Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae, 1–15. [2025-09-28]. https://doi.org/10.13422/j.cnki.syfjx.20251730

[18] 颜世超, 刘春红. 金银花的化学成分与药理作用研究进展[J]. 中医药信息, 2025, 42(5): 84–88.
YAN SC, LIU CH. Research progress on chemical components and pharmacological effects of honeysuckle [J]. Information on Traditional Chinese Medicine, 2025, 42(5): 84–88.

[19] 康旭, 李冬生, 邓川, 等. 金银花提取液抑菌活性的研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(27): 14935–14936.
KANG X, LI DS, DENG C, *et al.* Study on the antibacterial activity of honeysuckle extract [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2010, 38(27): 14935–14936.

[20] BOYAN G, LIN Z, ZHIHAO L, *et al*. Chemical composition of honeysuckle (*Lonicerae japonicae*) extracts and their potential in inhibiting the SARS-CoV-2 spike protein and ACE2 binding, suppressing ACE2, and scavenging radicals [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2023. DOI: 10.1021/ACS.JAFC.3C00584

[21] SHEN YY, ZHANG DM, LU YR, *et al.* Investigation of the extraction of chlorogenic acid from honeysuckle and its biological activity based on deep eutectic solvents [J]. Separation Science Plus, 2024, 7(11): e202400089.

[22] 张前熙. 金银花的药理作用及应用研究进展[J]. 山东化工, 2023, 52(3): 121–122, 126.
ZHANG QX. Research progress on pharmacological effects and applications of honeysuckle [J]. Shandong Chemical Industry, 2023, 52(3): 121–122, 126.

[23] 杨明阳, 王光兰, 刘伦沛. 金银花中绿原酸提取及其在果蔬保鲜中的应用[J]. 凯里学院学报, 2013, 31(6): 66–73.
YANG MY, WANG GL, LIU LP. Extraction of chlorogenic acid from honeysuckle and its application in preservation of fruits and vegetables [J]. Journal of Kaili University, 2013, 31(6): 66–73.

[24] 毛健鑫, 张霁红, 王玉安, 等. 金银花提取物对软儿梨后熟生理品质的影响[J]. 北方园艺, 2025(4): 53–59.
MAO JX, ZHANG JH, WANG YAN, *et al*. Effects of honeysuckle extract on postharvest ripening physiology and quality of 'Ruaner' pear [J]. Northern Horticulture, 2025(4): 53–59.

[25] SIDDHU N, SAXENA J. Quantification of total phenolic and total flavonoid content of extracts of *Tagetes erecta* flowers [J]. Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research, 2017, 10(6): 328–330.

[26] 吴小华, 颉敏华, 王学喜, 等. 1-MCP 对不同采收期黄冠梨褐心病及贮

藏品质的影响[J]. 食品与机械, 2016, 32(1): 110–113.
WU XH, XIE MH, WANG XX, *et al*. Effects of 1-MCP on brown heart disease and storage quality of ‘Huangguan’ pear harvested at different dates [J]. Food & Machinery, 2016, 32(1): 110–113.

[27] VENKATESAN U, MUNIYAN R. Review on the extension of shelf life for fruits and vegetables using natural preservatives [J]. Food Science and Biotechnology, 2024, 33(11): 2477–2496.

[28] 王嘉璐, 张彩凤, 徐润杨, 等. 金银花活性成分的功能及应用研究进展[J]. 食品安全导刊, 2025(12): 180–182, 186.
WANG JL, ZHANG CF, XU RY, *et al.* Research progress on the functions and applications of active components in honeysuckle [J]. China Food Safety Magazine, 2025(12): 180–182, 186.

[29] DONG Y, WANG Y, EINHORN TC. Postharvest physiology, storage quality and physiological disorders of ‘Gem’ pear (*Pyrus communis* L.) treated with 1-methylcyclopropene [J]. Scientia Horticulturae, 2018, 240: 631–637.

[30] 杨连战, 李言, 钱海峰, 等. 植物源天然防腐剂应用及抑菌机理研究现状[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(1): 303–308.
YANG LZ, LI Y, QIAN HF, *et al*. Research status of application and antimicrobial mechanism of plant-derived natural preservatives [J]. Food and Fermentation Industries, 2021, 47(1): 303–308.

[31] 高樱, 牛水蛟, 于海英, 等. 基于谱-效相关金银花提取物抑菌作用质量评价系统的研究[J]. 药物分析杂志, 2024, 44(6): 1031–1039.
GAO Y, NIU SJ, YU HY, *et al*. Establishment of a quality evaluation system for the antimicrobial activity of lonicerae japonicae flos extract based on spectrum-effect relationship [J]. Chinese Journal of Pharmaceutical Analysis, 2024, 44(6): 1031–1039.

[32] LI XW, XIU H, LI YQ, *et al.* Investigation of biological activity of *Alpinia platychilus* extracts and its use as a natural preservative in fruits [J]. Journal of Food Measurement and Characterization, 2024, 18(3): 1705–1721.

[33] GUO YX, CHEN XF, GONG P, *et al.* Advances in the role and mechanisms of essential oils and plant extracts as natural preservatives to extend the postharvest shelf life of edible mushrooms [J]. Foods, 2023, 12(4): 801.

[34] NASIBI F, PAKKISH Z, MAHANI FS. Effect of aqueous and alcoholic extract of *Moringa oleifera* plant on storage life and post-harvest quality of strawberry fruit [J]. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 2025, 53(3): 622–639.

[35] EFENBERGER-SZMECHTYK M, NOWAK A, CZYŻOWSKA A. Plant extracts rich in polyphenols: Antibacterial agents and natural preservatives for meat and meat products [J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2021, 61(1): 149–178.

[36] DAWOUD EE, EL-MOGHAZY GM, FAHMY HN. Studies on some plant extracts as antimicrobials and food preservatives [J]. Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences, 2020, 9(6): 790–798.

(责任编辑: 安香玉 蔡世佳)