

7种植物提取物对番茄保鲜活性的筛选

作者：张思齐

摘要：本研究以7种植物提取物为供试材料，在室温（RT）贮藏条件下，采用喷雾法处理，系统测定了其对采后番茄供试果蔬的感官、风味品质和生理变化的影响，以期筛选出具有较好保鲜活性的植物源物质，为植物源果蔬保鲜剂的研制提供依据。主要研究结果如下：

1. 7种植物提取物保鲜活性筛选结果表明，柚皮、山苍子、荷叶对番茄具有较好的保鲜活性，处理16d后番茄的品质明显好于对照（清水处理），与药剂对照（1-MCP $0.5 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ ）无显著差异。相对电导率均小于73.0%。过氧化氢酶（CAT）活性分别为90.10、97.30、92.03 $\text{U}\cdot(\text{g}\cdot\text{min})^{-1}$ ，显著高于清水对照，与1-MCP（96.57 $\text{U}\cdot(\text{g}\cdot\text{min})^{-1}$ ）无显著差异。过氧化物酶（POD）活性为清水对照3倍以上。

2. 在 $0.25\sim 4 \text{ mg DW}\cdot\text{mL}^{-1}$ 供试浓度范围内筛选了柚皮、山苍子、荷叶对番茄的最佳保鲜浓度，结果表明，3种植物提取物在2、2、1 $\text{mg DW}\cdot\text{mL}^{-1}$ 剂量下保鲜效果显著，贮藏一定时间后，能够提高番茄的好果率，降低番茄失重率，延缓其硬度、口感、风味、Vc的变化，提高超氧化物歧化酶（SOD）、过氧化氢酶（CAT）及过氧化物酶（POD）活性，抑制相对电导率和多酚氧化酶（PPO）的上升，保鲜效果与1-MCP活性相当。

3. 以“富士”苹果为供试果蔬，对柚皮、山苍子、荷叶处理的最佳使用浓度保鲜效果进行系统验证，结果显示，3种植物提取物对苹果具有一定的保鲜效果，但保鲜效果低于1-MCP，且低于对番茄的保鲜效果。

关键词：植物提取物；活性筛选；番茄

第一章 文献综述

1.1 农产品保鲜的重要性

水果蔬菜是人们生活的必需品，需求量日益增大，据统计我国果品的产量达到年产 800 多万吨，蔬菜产量达到 3.8 亿吨，已成为世界果蔬生产第一大国^[1]。在世界范围内新鲜水果贮藏过程中有 25% 的产品因腐烂变质而不能利用。有些易腐水果采后腐烂损失达 30% 以上。1992 年我国水果产量达 2440 万吨，估计因采后病害所致损失达 610 万吨。1998 年果品总产量达 5452.9 万吨，估计损失 1363 万吨。近年产量 8500 万余吨，占世界总产量 40%，但出口量却不足我国总产量的 1%，贮藏保鲜量不足产量的 20%^[2]。

果实采后损失原因有微生物侵染、昆虫危害、机械损伤，物理或化学伤害、生理病害等。其中微生物侵染和生理失调引起的损失最为普遍和严重。微生物侵染损失主要是指果实在采收、加工、运输、贮藏、销售过程中，因病原微生物侵染果实引起的腐烂^[3]。新鲜果蔬在采收以后仍然是“活”的有机体，进行呼吸和蒸发等生理代谢活动；生理失调损失指果蔬在采前或采后，由于果实自身活动，以及外界不适宜的环境或理化因素造成果蔬变质、变味、失水、果肉褐变、发酵、棉絮化等生理障碍导致果蔬品质劣变而造成的损失。

果蔬具有明显的季节性和区域性特点^[4]，其生产与收获期明显受季节的制约，旺季上市数量大，供大于求，淡季品种单一，上市数量少，供不应求，周年价格波动较大。这些特点很大程度上限制了果蔬的流通，使其经济价值大大降低。而采后贮藏保鲜技术能够减少果蔬贮运过程中的损失，同时也能延缓衰老及其品质的降低，延长果蔬货架期，在满足人们需求的同时提高果蔬的经济价值。因此，研究果蔬的采后贮藏保鲜具有重要的理论意义和应用价值。

1.2 我国番茄生产及采后现状

1.2.1 番茄生产现状

番茄 (*Lycopersicon esculentum*) 属于茄科 *Solanaceae* 茄属 *Solanum*，一年生或多年生草本植物。果实营养丰富，具特殊风味。可以生食、煮食、加工制成番茄酱、汁或整果罐藏。番茄原产于中美洲和南美洲，现作为食用蔬果已被全球性广泛种植，是全世界栽培最为普遍的果菜之一。美国、苏联、意大利和中国为主要生产国。在欧、美洲的国家、中国和日本有大面积温室、塑料大棚及其他保护地设施栽培。

我国是世界三大主要番茄种植区域之一，番茄种植面积 100 万亩。新疆是中国番茄的主产区。新疆的番茄园区多在海拔一千米左右，昼夜温差大，日照长，降雨量少，有利于制酱番茄的生长，因而生产的番茄酱成色好，营养丰富，品质优良，从而成为中国最大的番茄产区和加工区^[5]。世界番茄组织近期报告称，中国番茄酱出口份额从 8 年前占世界贸易量的近 8% 跃升到 2008 年的 30%，其中，新疆的出口量已占世界贸易总量的 1/4，这意味着新疆已经成为继美国、意大利之后第三大番茄制品产地。

番茄是冷敏感作物，果实长时间低于 8℃ 会发生冷害。番茄的成熟阶段分为：绿熟期、微熟期、半熟期(半红)、坚熟期(红而硬)和软熟期(红而软)。鲜食番茄多为半熟期至坚熟期采摘，但不能进行长期贮藏。绿熟至顶红期的果实具有一定的耐贮性和抗病性，在贮藏中能后熟转红。长期贮藏的番茄应在绿熟期采收。番茄的保鲜效果不好使货架供应期大大缩短，故番茄贮藏保鲜问题是制约我国番茄迅速发展的难点。因此，为了解决番茄鲜果贮藏问题，研究番茄果实采后生理和贮藏保鲜技术就显得十分重要，国内外专家学者们一直在进行这一领域的探索，并进行了大量卓有成效的研究。

1.2.2 番茄采后现状

果蔬品质是指产品的质量，即果蔬能满足一定需要的特性、特征的总和，主要指采后果蔬的外观、风味和营养价值的优越程度。因此，可以将果蔬品质特征归为两大类，即感官属性和生化属性^[6]。

1.2.2.1 采后果实感观属性

感官属性是指人们通过视觉、嗅觉、触觉和味觉等感觉器官所感觉和认识到的品质属性，即感官品质。由于果蔬大多为鲜食产品，因此感观属性对果蔬产品尤其重要，是构成果蔬品质的重要因素。因为感觉器官所鉴定的性状不同，感官品质又分为表观属性、质地属性和风味属性。

表观属性是指人们能通过视觉所认识的属性，包括产品的大小、形状、色泽、泽和缺陷等，它主要是指产品的外观品质。大小、形状和颜色是衡量水果外部品质的重要指标，同时也可以根据这些指标对水果进行分级处理^[7]；质地属性是指果蔬内在和外表，通过手、嘴等器官能感触到的某些特性。果蔬的质地属性主要包括果蔬的硬度、坚韧度、多汁性、脆度、耐嚼性、粘性等，其中研究较多的是果实硬度。果实采后贮藏期间，由于呼吸作用和自身代谢作用，体内的果胶物质含量会发生变化，导致可溶性果胶含量增加，不溶性果胶含量减少，细胞壁完整性破坏，果实硬度下降，果实品质降低。硬度是衡量果实耐贮性的重要标志；风味包括口味和气味，主要是由果蔬组织中的化学物质刺激人的味觉和嗅觉产生的。新鲜果蔬最重要的口味感觉有 4 种，即甜、酸、苦、涩，它们分别是由糖、有机酸、苦味物质和鞣酸物质产生的，其中酸味和甜味的组分是构成某些水果和蔬菜风味的重要因素^[8]。

1.2.2.2 采后果实生理变化

(1) 呼吸是生命的基本特征。采后果实是一个活的有机体，其生命活动仍在有序地进行。采后果实的呼吸作用与品质变化、成熟衰老进程、贮藏寿命、货架寿命、采后生理性病害、采后处理和贮藏技术等有着密切的关系。呼吸作用大量消耗营养物质，造成果实品质下降以致败坏。因此，贮藏保鲜的基本原理就是要控制果实的呼吸作用，将呼吸强度控制到维持代谢的最低水平，但又不能出现异常的生命活动，以达到延长果品

贮藏寿命的目的^[9]。

(2) 与果实衰老有关的 SOD、CAT、POD 等酶活性的变化

衰老与活性氧代谢平衡密切相关，这个平衡即活性氧物质产生与清除的动态平衡。自由基、活性氧对植物产生伤害的一个重要的机制是直接或间接启动膜脂的过氧化作用，导致膜的损伤和破坏，严重时会导致植物细胞中毒死亡。植物中的活性氧物质主要包括 H_2O_2 、羟自由基 ($-OH$) 和超氧自由基 ($O_2^- \cdot$) 等。果实衰老时，活性氧增加。在正常的生理代谢过程中，自由基、活性氧可以通过很多的途径产生，同时细胞内也存在清除活性氧的酶防御系统，其中起主要作用的是活性氧清除酶系统，其中超氧化物歧化酶 (SOD)、过氧化氢酶 (CAT)、过氧化物酶 (POD) 等是活性氧清除酶系统的重要保护酶，他们能有效地阻止活性氧的积累，防止膜脂过氧化作用，延缓植物衰老。

在清除活性氧的保护酶中研究较多的是 SOD^[10]。SOD 是一种含金属离子 (Cu、Zn、Fe、Mn) 的保护酶，其主要功能是催化超氧化物阴离子自由基 ($O_2^- \cdot$) 发生的歧化反应，从而消除其对细胞的损害，在维护细胞活性氧代谢的平衡中起重要作用。不同果蔬的 SOD 活性变化分为三类，A：逐渐下降；B：单峰曲线；C：末期升高。在正常的情况下，SOD 活性稳定，植物产生超氧阴离子 (O_2^-) 和清除的能力处于动态平衡，羟自由基 ($-OH$) 等氧自由基和 MDA 也是处于动态平衡，但是当植物遭遇逆境或衰老时，体内的超氧阴离子 (O_2^-) 水平提高，SOD 活性也增加，从而对植物进行保护反应^[11]。

CAT 和 POD 可以除去生理系统中的 H_2O_2 ， H_2O_2 主要作为氧化剂对植物组织产生毒害作用。沈文飏等在研究小麦旗叶自然衰老过程中发现，旗叶自然衰老的过程中， H_2O_2 迅速积累的时间与衰老 (叶绿素含量速降期) 的起始时间基本一致。外源的 H_2O_2 对离体小麦叶片暗处理使衰老加速，增加膜脂过氧化产物 MDA 的产生。由于 H_2O_2 能直接跨膜扩散，因而 CAT 和 POD 在抵抗氧化伤害中有重要的作用。植物体中的 H_2O_2 的清除需要依赖 CAT 和 POD 的共同作用，组织中高浓度的 H_2O_2 主要依靠 CAT 清除，从而使 H_2O_2 控制在较低的水平，而低浓度的 H_2O_2 通过 POD 在氧化相应的基质 (如酚类物质) 时被消耗。王如福、寇晓红分别用不同品种的枣果为试材，试验表明，在贮藏期间 CAT 和 POD 活性变化趋势相似，均呈现双峰曲线，第一次高峰为果实成熟的标志，第二次高峰标志着果实衰老，第二次高峰表明枣果进入衰老阶段。由此可知活性氧自由基参与了枣果的衰老过程^[12-13]。

1.3 保鲜剂研究与应用进展

保鲜剂是指在植物组织和器官 (根、茎、叶、花、果) 在采后贮存和运输期间，能够防腐杀菌，延缓植物组织和器官衰老，保持其原有品质和特性的物质总称。保鲜剂的主要功能为：一、延缓果蔬衰老劣变；二、杀菌防腐。与其它冷藏保鲜设施相比，果蔬保鲜剂具有使用方便，能较完整地保留新鲜产品的营养成分和风味特征且不耗能的特点，而被广泛使用。目前我国使用的果蔬保鲜剂可分为两大类，即化学合成和天然果蔬保鲜剂。

目前,果蔬的采后保鲜手段有减压、低温、气调等等物理方法,但即使在这些条件下,如果没有保鲜剂的配合使用,许多果蔬也很难有理想的保鲜效果。而绝大多数保鲜剂是化学合成,会导致残留量大,污染环境等问题,而且长期摄入具致癌作用。

长期以来,果蔬保鲜以化学农药为主,如多菌灵、托布津、噻菌特等^[14]。然而,由于化学保鲜剂作为果蔬保鲜的一种有效手段长期连续的使用,导致植物病原菌对化学保鲜剂产生抗药性,另外化学保鲜剂残留危害人类健康,加之人们对饮食质量的提高,所以食品安全性也备受质疑,如二氧化硫的残留人呼吸道损伤^[15],多菌灵会引起人畜中毒^[15]。所以开发高效、安全的新型果蔬保鲜剂替代产品已成为生活、生产中的迫切需要。

国内外对植物源保鲜剂制剂的研究相对较少。早期的研究应用主要集中于普通的天然植物水提液对水果蔬菜浸蘸后的保鲜效果,中草药以煎煮、浸泡的方法提取其成分,并配合其他药合剂,用于处理采后的果蔬,都有一定的保鲜效果。中国的学者对中草药的保鲜效果进行了开拓性研究。华中农业大学的章文才^[16]在国内首先进行柑橘中草药防腐保鲜试验。用筛选出的高良姜、野菊花、野艾等 8%的浸出液浸果,收到了防腐保鲜的效果,开创了柑橘防腐保鲜的新途径。西北农林科技大学李鹏霞、苟亚峰和繆应林等人报道,丁香精油^[17]、肉桂精油、百里香精油等对水果有一定的保鲜效果,并发现丁香精油、肉桂精油、百里香精油与其它常规保鲜物质的复配物具有保鲜增效作用。由于此方式没有化学防腐保鲜剂所带来的环境污染、农药残留及抗药性等问题,且有贮藏条件易控制、处理目标明确等优点,目前较成功地用于菠萝、草莓、菠菜、白菜等果蔬。

国外对此研究十分活跃,雪鲜是美国研制的一种新型的高效多功能果蔬保鲜剂,可延缓新鲜果蔬的氧化作用和酶促褐变,对于去皮、去核后的半成品保鲜具有较好的效果。美国贝尔兹威尔农业研究中心以植物中提取的 4-乙基间苯二酚为主要成分,研究开发出一种新型果蔬涂膜剂。该保鲜剂具有抑制微生物活力和 PPO 氧化能力的作用,用该保鲜剂处理后的鲜切苹果片,置于 20℃ 左右的室温下,几周不变色。随着人们对食品安全意识的提高,传统化学保鲜剂的使用受到挑战。因此,开发高效、安全、无味、稳定且便宜使用的新型保鲜剂具有重要的意义。

植物源农药因低毒,低残留,对环境影响小,在环境中会自然代谢、分解,不易产生残留,而且不会导致化学农药的生物富集现象,对非靶标生物也相对安全,因而逐渐成为保鲜剂选材的热点。

1.4 本论文的立项目的与意义

我国人口众多,水果产量巨大,但采后果蔬的设施保鲜技术和贮藏设备与发达国家水平相比,仍存在较大差距,并且我国保鲜研究起步较晚,技术力量薄弱,资金短缺。一方面,要求政府重视,加大投资力度;另一方面,需要加强基础研究,研究开发防腐保鲜技术。

目前我国使用的果蔬保鲜剂多为化学保鲜剂,而长期使用化学药剂会导致病菌产生

抗药性而降低防病效果，大量使用化学药剂会造成果品农药残留增加而威胁人类健康。因此，开发安全、环保的植物源保鲜剂已成为保鲜剂开发研究的热点。

我国植物资源十分丰富，在果蔬保鲜剂的开发应用中有着可观的前景。根据前期研究结果，本试验拟通过对初筛选得 7 种植物源物质进行复筛，以期获得 1-2 种具有较好保鲜活性的植物源物。

第二章 7种植物提取物对番茄果实保鲜活性的筛选

2.1 试验材料与方法

2.1.1 供试植物源物质

山苍子、青蒿、柚皮、艾叶、肉桂、荷叶、白芥子共7种植物样品,除山苍子由西北农林科技大学无公害农药研究服务中心提供外,其余均购自杨凌康复大药房,见表2-1。

表2-1 供试植物源物质的植物名录

Table 2-1 List of plants of botanical components

序号 Number	科 Family	属 Genus	种 Species	部位 Parts
1	芸香科(Rutaceae)	柑橘属(<i>Citrus</i>)	柚(<i>C. maxima</i>)	果皮 Pericarp
2	十字花科 (Cruciferae)	白芥属属 (<i>Sinapis</i>)	白芥(<i>S. alba</i>)	种子 Seed
3	樟科(Lauraceae)	樟属 (<i>Cinnamomum</i>)	肉桂(<i>C. cassia</i>)	树皮 Bark
4	樟科(Lauraceae)	木姜子属 (<i>Litsea</i>)	山苍子(<i>L. cubeba</i>)	果实 fruits
5	睡莲科 (Nymphaeaceae)	莲属(<i>Nelumbo</i>)	荷(<i>N. nucifera</i>)	叶 Leaf
6	菊科(Compositae)	蒿属 (<i>Artemisia</i>)	青蒿(<i>A. annua</i>)	整株 whole plant
7	菊科(Compositae)	蒿属 (<i>Artemisia</i>)	艾蒿(<i>A. argyi</i>)	叶 Leaf

2.1.2 供试果蔬

番茄(*Lycopersicon esculentum* Mill.)品种为金棚一号,自陕西省杨陵区大寨乡管理良好的农家大棚购买,果实6-7成熟采收,平均重量120~140g。挑选大小均一,颜色一致,无机械损伤、无病虫害的番茄果实为材料,采摘后当天运回实验室冷库中(4~8℃)贮藏,备用。

2.1.3 实验仪器

电子天平（精度为 0.001）、硬度计（意大利产，FT327 型）、手持糖量计（成都泰华光学有限责任公司，WYT 型）、电导仪（上海仪电科学仪器股份有限公司，DDSJ-308A 型）、紫外-可见分光光度计（上海天美科学仪器有限公司，UV1102 型）、聚乙烯（PE）保鲜袋、微量进样器、移液枪等。

2.1.4 主要试剂

草酸-EDTA 溶液（草酸 0.05mol/L、EDTA0.2 mol/L）；5%的硝酸溶液（V/V）；偏磷酸-醋酸溶液；Vc 溶液；5%钼酸铵溶液；5%硫酸溶液（V/V）；乙酸缓冲液（1mmolPEG、4%PVP、1%Triton X-100）；抗坏血酸；酚酞；NaOH 等，以上试剂均为分析纯。

对照药剂：1-MCP

2.2 试验方法

2.2.1 供试植物源物质提取物的制备

将供试植物干样磨碎，称取 20g 植物干粉装入广口三角瓶中，加入干粉 5 倍量的工业乙醇溶解，经超声波提取 1h，倒出提取液，再加入 5 倍量的工业乙醇进行超声提取，共重复 3 次。合并提取液，用旋转蒸发仪浓缩，制成植物提取物浸膏。

植物提取物均用少量乙醇（5%–8%，M/V）将其溶解，加入一定比例的乳化剂（3%–6%，M/V），然后用水定容至 20mL，作为母液备用，使用时再用水将其稀释至相应浓度。

2.2.2 果实处理方法

喷雾法：每种植物源物质配成梯度浓度的药液均匀的喷洒在果实上，设置相应对照（以清水作为空白对照（CK），1-MCP（ $0.5 \mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ ）作为药剂对照（1-MCP 处理为密闭熏蒸 24h））。每个处理重复 3 次，每重复 30 个果实。将果实晾干后放置于保鲜袋中封口保湿，于室温下贮藏每 4 天统计一次试验结果。

2.2.3 测定指标及方法

2.2.3.1 感官指标的测定

（1）好果率：统计各处理的好果个数。

$$\text{好果率} = (\text{好果个数} / \text{总果数}) \times 100\% \quad 2-1$$

（2）失重率：药剂处理前称重，以后定期称其重量。

$$\text{失重率} (\%) = (\text{检查时总重量} / \text{装袋时总重量}) \times 100\% \quad 2-2$$

2.2.3.2 品质指标的测定

（1）硬度：用刀片在果实最大的横径处削去 0.5cm^2 果皮，在去皮处用硬度计（意大利产，FT327 型，探头直径 0.5cm）测定硬度，每次测定 10 个番茄果实，去掉最大值和最小值后取其平均值。

（2）可溶性固形物（SSC）：用手持折光仪测定，每次取 10 个番茄果实，测定其糖度值，去掉最大值和最小值后取其平均值。

（3）可滴定酸含量（TA）：酸碱滴定法测定^[18]。

用移液管吸取 50ml 样品浸出液,加 2~3 滴 1%酚酞作为指示剂,用已经标定好的 NaOH 溶液进行滴定,滴定至初显粉色并在半分钟内不褪色时即达到终点,记录此时 NaOH 的用量,重复滴定三次。再用蒸馏水代替滤液进行滴定,作为空白对照。

2-3

V—样品提取液总体积, mL; V_s —滴定时所取滤液体积, mL;
 c—NaOH 滴定液浓度, mol/L V_1 —滴定滤液消耗的 NaOH 溶液体积, mL;
 V_0 —滴定蒸馏水所消耗的 NaOH 溶液体积, mL;
 m—样品质量, g;
 f—折算系数, g/mol (苹果酸—0.067 番茄、苹果)。

(4) 维生素 C (Vc) :

A. 维生素 C 测定使用钼蓝比色法^[19], 5%的钼酸铵溶液 (准确称取钼酸铵 5.0000g, 加适量水溶解后定容至 100ml); 草酸-EDTA 溶液 (草酸 0.05mol/L、EDTA0.2 mol/L, 准确称取含结晶水的草酸 6.3000g, EDTA- Na_2 0.75g, 充分溶解定容至 1000ml); 5%的硫酸溶液 (V/V); 5%的硝酸溶液 (V/V); 偏磷酸-醋酸溶液 (摇动溶解 3g 片状偏磷酸于 20%冰醋酸 48ml 中, 稀释至 100ml, 必要时用滤纸过滤)。

B. 标准 Vc 溶液:准确称取 60℃真空干燥 2h 的 Vc0.0100g,用上述配好的草酸-EDTA 溶液定容于 100ml 容量瓶中:使标准溶液浓度达到 1mg/ml (此溶液需要随配随用)。

C. 标准曲线的绘制:分别吸取 0、0.4、0.8、1.0、1.2、1.4ml 的标准抗坏血酸溶液于 50ml 的容量瓶中,然后加入草酸-EDTA 溶液,使总体积达到 10.00ml。再加入 1.00ml 的偏磷酸-醋酸溶液和 5%的硫酸 2.0ml, 摇匀加入 4.00ml 的钼酸铵,用蒸馏水作空白对照在 705nm 下测定吸光值,绘制标准曲线。

D. 样品测定:准确称取一定量样品,加入草酸-EDTA 溶液,经捣碎后放入 100ml 定容,过滤。吸取一定量溶液于 50ml 的容量瓶中,加入 1ml 的偏磷酸-醋酸溶液,5%的硫酸 2.00ml, 摇匀后,加入 4.00ml 钼酸铵溶液,用蒸馏水定容至 50ml, 15min 后测定在 705nm 下测定吸光值。

E. 样品中还原型 Vc 的计算:根据样品液吸光值、从标准曲线上查出对应的含量,按下式计算样品中还原型 Vc 的含量:

$$\text{还原型 Vc} \quad (\text{mg/g}) = C \times V_1 / (W \times V_2) \quad \text{可滴定酸含量} = \frac{V \times c \times (V_1 - V_0) \times f}{V_s \times m} \times 100\% \quad 2-4$$

C: 测定用样液中还原型 Vc 的含量 (mg) V_1 : 测定用样液体积 (ml)

V_2 : 样液定容总体积 (ml)

W: 样品重量 (g)

2.2.3.3 保护酶活性的测定

超氧化物歧化酶 (SOD): 氮蓝四唑比色法。

粗酶液的提取: 参考李光忠^[20]的方法但稍有改进。取处理和对照的果肉各 5g, 置于研钵中, 加入 10mL 50mmol/L pH=7.8 (内含 1%PVP) 的磷酸缓冲液, 在冰浴条件下研磨成匀浆, 在 4℃、12000×g 条件下离心 30min, 收集上清液, 即为酶粗提取液。低温保存备用。

酶活性测定: 取 4 支试管, 一支对照, 一支空白, 分别加入 50mmol/L pH=7.8 的磷酸缓冲液 1.5mL, 130mmol/L Met0.3mL, 750 μmol/L NBT, 100 μmol/L EDTA-Na₂, 20 μmol/L 核黄素, 1.0mL 粗酶液, 0.5mL 蒸馏水, 对照和空白均以 0.1mL 的 50mmol/L pH=7.8 的磷酸缓冲液代替粗酶液, 混匀后给一支对照管罩上双层黑纸, 与其他各管同时置于 3000Lx 的日光灯下反应 25 分钟, 温度为 25℃, 反应结束后, 用黑纸遮光终止其反应。以遮光的对照管为空白, 分别在 560nm 下测定各管的吸光值, 计算公式如下:

$$SOD\text{活性} (U/gFW \cdot \text{min}) = \frac{(A_0 - A_s) \times V}{0.1 \times A_0 \times t \times V_s \times m} \quad 2-5$$

A₀: 照光对照管反应混合液的吸光值

A_s: 样品管反应混合液的吸光值

V: 样品提取液总体积, mL

V_s: 测定时所取样品提取液体积, mL

t: 光照反应时间, min

m: 样品质量

(2) 过氧化氢酶 (CAT):

粗酶液的制备: 称取 5.0 g 番茄果实样品, 置于研钵中, 加入 5.0 mL pH=7.5 的磷酸缓冲液, 在冰浴条件下研磨成匀浆, 在 4℃、12000×g 条件下离心 30min, 收集上清液, 即为酶粗提取液, 低温保存备用。

酶活性测定: 酶促反应体系由 2.9mL 20mmol/L H₂O₂ 溶液和 100 μL 酶提取液组成。以蒸馏水为参比空白, 在反应 15s 时开始记录反应体系在波长 240nm 处的吸光值, 作为初始值, 然后每隔 30s 记录一次, 连续测定, 至少取 6 个点的数据。以每克番茄果实样品(鲜重)每分钟吸光度变化值减少 0.01 为 1 个过氧化氢酶活力单位, 单位是 U/min · gFW, 重复测定三次。

$$CAT\text{活性} (U/gFW \cdot \text{min}) = \frac{\Delta A_{240} \times V}{0.01 \times t \times V_s \times m} \quad 2-6$$

ΔA₂₄₀: 反应混合液吸光度变化值

V: 样品提取液总体积, mL

V_s: 测定时所取样品提取液体积, mL

m: 样品质量, g

t: 反应时间, min

(3) 过氧化物酶 (POD): 愈创木酚法。

酶液制备: 称取 5.0 g 番茄果实样品, 置于研钵中, 加入 5.0 mL pH=5.5 的磷酸缓冲液 (含 1mmol PEG、4%PVPP 和 1%Triton X-100), 在冰浴条件下研磨成匀浆, 在 4℃、

12000×g 条件下离心 30min, 收集上清液, 即为酶粗提取液, 低温保存备用。

酶活性测定: 取一支试管, 加入 3.0mL 25mmol/L 愈创木酚溶液和 0.5mL 酶提取液, 再加入 200 μL 0.5mol/L H₂O₂ 溶液迅速混合启动反应, 同时立即开始计时。将反应混合液倒入比色杯中, 置于分光光度计样品室中。以蒸馏水为参比, 在反应 15s 时开始记录反应体系在波长 470nm 处吸光度值, 作为初始值, 然后每隔 1min 记录一次, 连续测定, 至少获取 6 个点的数据。以每克番茄果实样品 (鲜重) 每分钟吸光度变化值增加 1 为 1 个过氧化物酶活性单位, 单位是 U/min·gFW, 重复测定三次。

$$POD \text{ 活性 } (U / gFW \cdot \text{min}) = \frac{\Delta A_{470} \times V}{t \times V_s \times m} \quad 2-7$$

ΔA₄₇₀: 反应混合液吸光度变化值
 V: 样品提取液总体积, mL
 V_s: 测定时所取样品提取液体积, mL
 m: 样品质量, g
 t: 反应时间, min

(4) 多酚氧化酶 (PPO) 活性参照曹建康^[21] (2007) 的方法。

酶液制备: 称取 5.0g 番茄果实样品, 置于研钵中, 加入 5.0 mL pH=5.5 的磷酸缓冲液 (含 1mmol PEG、4% PVPP 和 1% Triton X-100), 在冰浴条件下研磨成匀浆, 在 4℃、12000×g 条件下离心 30min, 收集上清液, 即为酶粗提取液, 低温保存备用。

酶活性测定: 取一支试管, 加入 4.0mL 50mmol/L、pH5.5 乙酸-乙酸钠缓冲液和 1.0mL 50mmol/L 邻苯二酚溶液, 最后加入 100 μL 酶提取液, 同时立即开始计时。将反应混合液倒入比色杯中, 置于分光光度计样品室中。以蒸馏水为参比, 在反应 15s 时开始记录反应体系在波长 420nm 处吸光度值, 作为初始值, 然后每隔 1min 记录一次, 连续测定, 至少获得 6 个点的数据。以每克果蔬样品每分钟吸光度变化值增加 1 为 1 个活性单位, 重复测定三次。

$$PPO \text{ 活性 } (U / gFW \cdot \text{min}) = \frac{\Delta A_{420} \times V}{t \times V_s \times m} \quad 2-8$$

ΔA₄₂₀: 反应混合液吸光度变化值
 V: 样品提取液总体积, mL
 V_s: 测定时所取样品提取液体积, mL
 m: 样品质量, g
 t: 反应时间, min

2.2.3.4 相对电导率的测定

相对电导率的测定参照赵世杰^[22] (1998) 的方法但稍有改进: 用直径为 5cm 的打孔器从 30 个果实中采集圆柱状果肉, 切成 1.5mm 厚的组织圆片, 从每个果实中取一块圆片置于漏斗上, 用 80mL 的去离子水分 3 次淋洗, 再用吸水纸吸干, 装入盛有 50mL 20℃ 的去离子水 100mL 的小烧杯中, 静置 3h 后, 用 DDSJ-308 型电导仪测定电导率 L₁, 然后加热煮沸 10min 后, 冷却至 20℃, 测定电导率 L₀, 重复测定 3 次, 结果取其平均值。

$$\text{相对电导率 } Le = L_1 / L_0 \times 100\% \quad 2-9$$

L₁: 测试材料活组织提取液的电导率
 L₀: 被杀死后提取液的电导率

第三章 结果与分析

3.1 柚皮等 7 种植物提取物对采后番茄的保鲜活性筛选

3.1.1 柚皮等 7 种植物提取物对采后番茄感官品质的影响

供试植物提取物以 $1\text{mg DW}\cdot\text{mL}^{-1}$ 喷雾法处理番茄后, 在室温条件下贮藏一定时间后的感官品质评价指标调查结果见表 3-1。

由表 3-1 可以看出, 柚皮、荷叶处理番茄后, 好果率较高, 分别为 69.10%和 73.99%, 与药剂对照 1-MCP 处理后的好果率无明显差异 (77.45%), 而显著高于清水对照处理的好果率 (41.95%)。

由失重率的结果可知, 清水对照处理番茄后 16 天, 其失重率达到 8.53%, 而不同植物提取物以 $1\text{mg DW}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的浓度处理番茄后, 其失重率均低于清水对照, 其中荷叶处理的保水性最好, 失重率仅为 7.20%。

表 3-1 7 种植物提取物对番茄感官品质的影响

Table 3-1 Effects of sensory quality of tomatoes fruit treated by 7 plant extracts

样品名称	好果率 (%)	失重率 (%)
Samples	Unrotted rate (%)	Weight-loss rate (%)
CK	41.95±2.03 e	8.53±0.77 a
1-MCP	77.45±2.29 a	7.53±0.20 bc
荷叶	73.99±2.63 ab	7.20±0.33 c
柚皮	69.10±1.64 abc	7.30±0.34 c
山苍子	67.59±4.04 bc	7.30±0.24 c
肉桂	63.67±2.80 cd	8.13±0.43 ab
艾蒿	58.33±1.67 de	7.90±0.36 abc
青蒿	56.67±5.09 de	8.42±0.17 a
白芥子	53.19±1.81 bcd	7.23±0.41 c

注: (1)表中失重率为第 16 天数据, 好果率为第 28 天数据; (2)植物提取物浓度均为 $1\text{mgDW}\cdot\text{mL}^{-1}$, 1-MCP 浓度为 $0.5\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$; (3)表中数据均为 3 次重复平均值。标相同字母者表示经 Duncan's 新复极差法检验, 其在 $P_{0.05}$ 水平上差异不显著。

3.1.2 柚皮等 7 种植物提取物对采后番茄风味品质的影响

柚皮等 7 种植物提取物对室温贮藏过程中番茄风味品质的影响结果见表 3-2。

果实硬度是衡量果实品质的主要指标之一, 果实软化是果实在采后贮藏过程中必然经历的过程。柚皮、山苍子、荷叶提取物处理的番茄在贮藏 16 天后, 硬度分别为 2.60、2.38、2.30 $\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$, 显著高于其他处理, 与 1-MCP (2.80 $\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$) 差异不显著 ($P>0.05$)。

番茄果实中的可溶性固形物 (SSC) 含量的变化是反映果实食用品质的指标之一。

由表 3-2 可知, 柚皮、荷叶提取物处理的番茄在贮藏 16 天后, 可溶性固形物含量均为 2.47%, 显著高于清水对照和其他处理, 与 1-MCP 处理 (2.57%) 差异不显著 ($P>0.05$), 说明柚皮、荷叶提取物处理番茄后其可溶性固形物含量较高, 可食性较好。

番茄果实中的可滴定酸 (TA) 也是决定果实口感和风味的重要指标。果蔬只有糖酸比比较适宜时, 才能满足人们的消费要求。由表 3-2 中可滴定酸 (TA) 含量可以看出, 柚皮提取物处理番茄后 16 天, 其中的 TA 含量达到 0.25%, 高于其他处理, 且各处理间差异不显著。

由表 3-2 中 Vc 数据可知, 荷叶提取物处理番茄后, 其中 Vc 含量达到 $2.47 \text{ mg} \cdot (100\text{g})^{-1}$, 与 1-MCP 处理无显著性差异 ($P>0.05$), 而显著高于其他植物提取物处理与清水对照处理 ($1.53 \text{ mg} \cdot (100\text{g})^{-1}$)。

表 3-2 7 种植物提取物对番茄风味品质的影响

Table 3-2 Effects of flavor quality of tomatoes fruit treated by 7 plant extracts

样品名称 Samples	硬度 ($\text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$) Firmness ($\text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$)	可溶性固形物 (%) SSC (%)	可滴定酸 (%) TA (%)	Vc ($\text{mg}/(100\text{g})$)) Vc ($\text{mg}/(100\text{g})$)
CK	1.63 ± 0.16 de	1.96 ± 0.04 cd	0.19	1.53 ± 0.10 e
1-MCP	2.80 ± 0.07 a	2.57 ± 0.07 a	0.27	2.59 ± 0.13 a
荷叶	2.30 ± 0.11 abc	2.47 ± 0.03 a	0.23	2.47 ± 0.07 ab
柚皮	2.60 ± 0.30 ab	2.47 ± 0.03 a	0.25	2.23 ± 0.04 bc
山苍子	2.38 ± 0.12 abc	2.20 ± 0.10 b	0.24	2.26 ± 0.12 bc
肉桂	2.00 ± 0.21 cd	1.97 ± 0.03 cd	0.22	2.10 ± 0.10 cd
艾蒿	1.90 ± 0.12 cde	2.15 ± 0.03 b	0.22	1.94 ± 0.08 d
青蒿	2.18 ± 0.11 bcd	2.18 ± 0.02 b	0.22	1.95 ± 0.08 d
白芥子	1.45 ± 0.10 e	1.73 ± 0.03 e	0.21	1.64 ± 0.03 e

注: (1)表植物提取物浓度均为 $1\text{mgDW} \cdot \text{mL}^{-1}$, 1-MCP 浓度为 $0.5 \mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$; (2)表中数据为第 16 天测定; (3)表中数据均为 3 次重复平均值。标相同字母者表示经 Duncan' s 新复极差法检验, 其在 $P_{0.05}$ 水平上差异不显著。下同。

3.1.3 柚皮等 7 种植物提取物对采后番茄相对电导率的影响

利用电导仪测定了白芥子等 7 种植物提取物对番茄电导率的影响, 结果见表 3-3。

相对电导率作为衡量膜透性的主要指标，也是反映果实成熟软化的重要指标之一。由表 3-3 可以看出，在保持细胞膜透性方面，山苍子、柚皮、荷叶提取物效果较好，其电导率分别为 72.39%、72.61%、70.78%，明显低于清水对照处理（78.44%），说明山苍子、柚皮、荷叶提取物能显著抑制采后番茄相对电导率的升高，维持细胞膜透性（ $P \leq 0.05$ ）。

表 3-3 7 种植物提取物对番茄相对电导率的影响

Table 3-3 Effects of relative electric conductivity of tomatoes fruit treated by 7 plant extracts

样品名称 Samples	相对电导率 (%) Relative electric conductivity (%)	样品名称 Samples	相对电导率 (%) Relative electric conductivity (%)
CK	83.33±3.15 a	肉桂	75.23±0.55 cd
1-MCP	69.46±0.54 e	艾蒿	77.74±1.24 bc
荷叶	70.78±0.53 e	青蒿	77.24±0.72 bc
柚皮	72.61±0.31 de	白芥子	79.44±0.70 b
山苍子	72.39±0.73 de	—	—

3.1.4 柚皮等 7 种植物提取物对采后番茄 POD 和 CAT 酶活性的影响

利用分光光度计比色法测定了白芥子等 7 种植物提取物对番茄保护酶活性 POD 和 CAT 的影响，结果见表 3-4。

表 3-4 7 种植物提取物对番茄 POD 和 CAT 的影响

Table 3-4 Effects of POD and CAT enzyme activity of tomatoes fruit treated by 7 plant extracts

样品名称 Samples	CAT 活性 (U · (g · min) ⁻¹) CAT activity (U · (g · min) ⁻¹)	POD 活性 (U · (g · min) ⁻¹) POD activity (U · (g · min) ⁻¹)
CK	49.67±1.76 d	0.34±0.03 f
1-MCP	96.57±4.59 a	1.14±0.04 a
荷叶	92.03±3.44 ab	1.07±0.03 ab
柚皮	90.10±4.51 ab	1.07±0.02 ab
山苍子	97.30±6.60 a	1.01±0.04 b

肉桂	69.20±3.23 c	0.90±0.03 c
艾蒿	80.42±1.25 bc	0.73±0.04 d
青蒿	75.88±2.47 c	0.84±0.04 c
白芥子	50.75±6.56 d	0.53±0.05 e

POD、CAT 是植物组织清除活性氧酶系统的重要组成酶。从 CAT 活性结果看出,与清水对照处理相比,柚皮、山苍子、荷叶处理的 CAT 活性显著高于清水对照,分别为 90.10、97.30、92.03U·(g·min)⁻¹,与 1-MCP (96.57 U·(g·min)⁻¹) 差异不显著($P>0.05$)。从 POD 活性结果可以看出,荷叶、山苍子、柚皮处理的 POD 活性分别为 1.07、1.01、1.07 U·(g·min)⁻¹,达到清水对照 (0.34 U·(g·min)⁻¹) 3 倍以上,与 1-MCP (1.14 U·(g·min)⁻¹) 无显著差异($P>0.05$)。

根据上述结果,筛选出了荷叶、山苍子和柚皮三种具有较好保鲜活性的植物样品,进行最佳使用浓度的测定。

3.2 荷叶等 3 种具有保鲜活性植物提取物较佳浓度的测定

3.2.1 荷叶等 3 种植物提取物对采后番茄感官品质的影响

表 3-5 是荷叶、柚皮和山苍子提取物对室温贮藏过程中番茄感官品质的影响结果。

表 3-5 3 种植物提取物对番茄感官品质的影响

Table 3-5 Effects of sensory quality of tomatoes fruit treated by 3 plant extracts

处理 Samples	浓度 (mgDW/mL) Concentration (mgDW·mL ⁻¹)	好果率 (%) Unrotted rate (%)	失重率 (%) Weight-loss rate (%)
CK		30.24±2.54 c	8.77±0.12 a
1-MCP		73.11±2.05 a	7.40±0.13 d
荷叶	0.25	46.31±1.42 c	8.27±0.10 b
	0.5	64.60±1.41 b	8.08±0.06 bc
	1	72.37±2.32 a	7.76±0.06 d
	2	67.74±2.05 ab	7.87±0.02 cd
	4	52.76±3.60 c	8.10±0.07 bc
柚皮	0.25	49.13±2.49 b	8.05±0.07 b
	0.5	51.44±6.39 b	7.85±0.04 bc
	1	67.70±1.93 a	7.65±0.09 cd
	2	74.93±1.43 a	7.44±0.04 d
	4	65.03±2.57 a	7.59±0.07 cd

山苍子	0.25	44.96±7.20 c	8.29±0.06 b
	0.5	45.95±2.12 c	7.95±0.26 bc
	1	60.97±3.05 b	7.66±0.17 cd
	2	73.30±2.25 a	7.43±0.19 d
	4	63.25±2.80 ab	7.96±0.04 bc

注：(1)表中失重率为第16天数据，好果率为第28天数据；(2)1-MCP浓度为 $0.5\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 。(3)表中数据均为3次重复平均值。标相同字母者表示经Duncan's新复极差法检验，其在 $P_{0.05}$ 水平上差异不显著。

由表中数据可以看出，荷叶、柚皮、山苍子提取物的浓度分别为1、2、2mg DW·mL⁻¹时，好果率较高，分别为72.37%、74.93%、73.30%，明显高于清水对照处理好果率(30.24%)，与1-MCP差异不显著($P>0.05$)，其中2mg DW·mL⁻¹柚皮处理好果率高于1-MCP；1mg DW·mL⁻¹荷叶、2mg DW·mL⁻¹柚皮、2mg DW·mL⁻¹山苍子处理能抑制采后番茄果实失水，贮藏16天后，番茄的失重率分别为7.76%、7.44%、7.43%，显著低于清水对照CK(8.77%)。

3种植物处理对番茄感官品质的影响表明，在一定浓度范围之内，好果率随着浓度增加逐渐下降，失重率逐渐增大，但是当浓度超过范围时，其好果率随着浓度增加逐渐下降，失重率逐渐增大。

3.2.2 荷叶等3种植物提取物对采后番茄风味品质的影响

柚皮、荷叶和山苍子植物提取物对室温贮藏过程中番茄风味品质的影响结果见表3-6

表3-6 3种植物提取物较佳对番茄室温贮藏期间风味品质的影响

Table 3-6 Effects of flavor quality of apples treated by 3 plant extracts

处理 Sample	浓度(mg DW·mL ⁻¹) Concentration (mg DW·mL ⁻¹)	硬度(kg/cm ²) Firmness (kg/cm ²)	可溶性固形物 (%) SSC (%)	Vc(mg/100g) Vc (mg/100g)	可滴定酸 (%) TA (%)
CK		1.00±0.07 e	2.33±0.17 b	1.53±0.10 d	0.21
1-MCP		2.18±0.10 ab	3.17±0.12 a	2.59±0.13 a	0.32
荷叶	0.25	1.52±0.11 d	2.13±0.09 b	1.44±0.10 d	0.18
	0.5	1.93±0.09 bc	2.83±0.12 a	1.93±0.05 b	0.27
	1	2.45±0.12 a	3.27±0.19 a	2.30±0.15 a	0.30
	2	1.73±0.17 cd	2.90±0.06 a	1.86±0.11 b	0.26
	4	1.54±0.11 d	2.90±0.15 a	1.78±0.05 bc	0.22

7种植物提物质对番茄保鲜活性的筛选

柚皮	0.25	0.92±0.02 d	2.13±0.13 e	1.72±0.12 cd	0.21
	0.5	1.24±0.14 c	2.60±0.15 cd	1.87±0.06 bcd	0.23
	1	2.13±0.11 b	2.77±0.03 c	2.15±0.07 b	0.25
	2	2.57±0.12 a	3.57±0.03 a	2.55±0.15 a	0.31
	4	2.00±0.06 b	2.83±0.09 bc	1.94±0.13 bc	0.25
山苍子	0.25	0.86±0.05 d	2.30±0.15 c	1.76±0.09 cd	0.22
	0.5	1.58±0.08 c	2.5±0.2 bc	1.95±0.12 bc	0.22
	1	1.87±0.19 bc	2.87±0.19 ab	2.22±0.12 b	0.24
	2	2.33±0.18 a	3.00±0.06 a	2.60±0.07 a	0.31
	4	1.65±0.10 c	3.00±0.06 a	2.06±0.05 bc	0.27

注：(1)1-MCP浓度为 $0.5\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ ；(2)表中数据为第16天测定；(3)表中数据均为3次重复平均值。标相同字母者表示经Duncan's新复极差法检验，其在 $P_{0.05}$ 水平上差异不显著。

由上表可以看出，在室温条件下，番茄果实贮藏16天后，不同浓度荷叶、柚皮、山苍子提取物对番茄采后贮藏过程中风味品质指标的变化具有明显的延缓作用。 $1\text{mg DW}\cdot\text{mL}^{-1}$ 荷叶、 $2\text{mg DW}\cdot\text{mL}^{-1}$ 柚皮、 $2\text{mg DW}\cdot\text{mL}^{-1}$ 山苍子提取物能显著延缓番茄果实硬度下降，处理后番茄硬度分别为 2.45 、 2.57 、 $2.33\text{kg}/\text{cm}^2$ ，明显高于其他浓度处理，其中 $2\text{mg DW}\cdot\text{mL}^{-1}$ 柚皮处理的效果最好，显著高于1-MCP ($2.18\text{kg}/\text{cm}^2$)。

可溶性固形物(SSC)和可滴定酸(TA)是呼吸底物，同时也是决定水果口感和风味的重要指标。 $1\text{mg DW}\cdot\text{mL}^{-1}$ 荷叶、 $2\text{mg DW}\cdot\text{mL}^{-1}$ 柚皮、 $2\text{mg DW}\cdot\text{mL}^{-1}$ 山苍子提取物处理番茄后其SSC含量分别为 3.27% 、 3.57% 、 3.0% ，显著高于清水对照(2.33%) ($P<0.05$)。 $2\text{mg DW}\cdot\text{mL}^{-1}$ 柚皮提取物处理的番茄果实TA为 3.57% ，高于其他处理，但各处理TA含量差异并不显著($P>0.05$)。 $1\text{mg DW}\cdot\text{mL}^{-1}$ 荷叶、 $2\text{mg DW}\cdot\text{mL}^{-1}$ 柚皮、 $2\text{mg DW}\cdot\text{mL}^{-1}$ 山苍子提取物，能维持SSC和TA的含量在一个较高水平，有利于保持采后番茄的风味。

室温条件下， $1\text{mg DW}\cdot\text{mL}^{-1}$ 荷叶、 $2\text{mg DW}\cdot\text{mL}^{-1}$ 柚皮、 $2\text{mg DW}\cdot\text{mL}^{-1}$ 山苍子提取物处理番茄果实后，其中Vc含量分别为 2.30 、 2.55 、 $2.60\text{mg}/100\text{g}$ ，显著高于CK ($1.53\text{mg}/100\text{g}$)，与1-MCP ($2.59\text{mg}/100\text{g}$)无明显差异($P>0.05$)，表明其能明显抑制番茄贮藏过程中的Vc含量的降低。

3种植物处理对番茄风味品质的影响表明，在一定浓度范围之内，硬度、可溶性固形物、Vc和可滴定酸含量随着浓度增加逐渐增大，但是当浓度超过一定范围时，其硬度、可溶性固形物、Vc和可滴定酸含量随着浓度增加逐渐下降。

3.2.3 荷叶等3种植物提取物对采后番茄保护酶活性的影响

利用比色法测定了荷叶、柚皮、山苍子不同浓度提取物对番茄酶活性的影响, 结果见表 3-7

表 3-7 荷叶提取物对番茄室温贮藏期间酶活性的影响

Table 3-7 Effects of enzyme activity of tomatoes fruit treated by lotus leaf extracts

样品名称	浓度 Concentration (mgDW · mL ⁻¹)	SOD(U · (g · min) ⁻¹) SOD activity (U · (g · min) ⁻¹)	CAT(U · (g · min) ⁻¹) CAT activity (U · (g · min) ⁻¹)	POD(U · (g · min) ⁻¹) POD activity (U · (g · min) ⁻¹)	PP0(U · (g · min) ⁻¹) PP0 activity (U · (g · min) ⁻¹)
CK		159.30 ± 27.8 1 c	37.67 ± 3.85 cd	0.22 ± 0.01 d	4.09 ± 0.03 a
1-MCP		324.73 ± 28.9 2 a	75.79 ± 3.03 a	1.46 ± 0.22 a	1.81 ± 0.06 e
	0.25	154.89 ± 26.8 2 c	29.52 ± 4.48 d	0.29 ± 0.05 d	2.82 ± 0.06 b
	0.5	191.82 ± 27.1 1 c	56.32 ± 4.38 b	0.72 ± 0.06 c	2.25 ± 0.09 d
荷叶	1	317.00 ± 20.1 9 a	78.48 ± 5.42 a	1.03 ± 0.06 b	1.88 ± 0.04 e
	2	263.37 ± 26.7 4 b	60.24 ± 1.56 b	0.67 ± 0.02 c	2.14 ± 0.12 d
	4	241.74 ± 24.9 0 b	44.63 ± 2.43 c	0.46 ± 0.80 cd	2.48 ± 0.04 c
	0.25	171.63 ± 9.35 c	21.76 ± 3.62 d	0.16 ± 0.01 d	3.31 ± 0.04 b
	0.5	225.59 ± 26.1 0 b	35.2 ± 4.37 c	0.43 ± 0.04 cd	2.91 ± 0.16 c
柚皮	1	244.01 ± 4.75 b	58.88 ± 4.09 b	0.78 ± 0.02 b	2.44 ± 0.10 d
	2	340.33 ± 16.2 5 a	78.46 ± 3.10 a	1.17 ± 0.11 a	2.01 ± 0.05 e
	4	250.91 ± 33.8	57.44 ± 4.85 b	0.73 ± 0.07 bc	2.96 ± 0.14 c

7种植物提物质对番茄保鲜活性的筛选

		1 b			
	0.25	192.59±16.5	29.40±2.25 d	0.39±0.08 bc	2.97±0.07 b
		7 bc			
	0.5	225.11±57.7	50.23±3.97 c	0.71±0.07 b	2.68±0.05 c
		7 b			
山 苍 子	1	238.11±23.8	63.12±2.10 b	0.67±0.08 b	2.24±0.08 d
		4 b			
	2	305.96±24.1	75.03±3.08 a	1.55±0.24 a	2.05±0.10 d
		8 a			
	4	227.87±27.4	67.88±1.79	0.79±0.03 b	2.22±0.03 d
		7 b	ab		

1 mg DW·mL⁻¹ 荷叶、2 mg DW·mL⁻¹ 柚皮、2 mg DW·mL⁻¹ 山苍子提取物处理番茄后，其 SOD、POD 和 CAT 的活性均明显高于对照，与 1-MCP 无明显差异 ($P>0.05$)，说明其清除自由基能力较强，能维持抗氧化酶活性处于较高水平，保持采后番茄抗氧化能力，有利于保持细胞膜的完整性、延缓采后番茄的衰老，延长番茄在室温下的贮藏寿命。

3种植物处理对番茄保护酶活性的影响表明，在一定浓度范围之内，SOD、POD 和 CAT 酶活性随着浓度增加逐渐增大，抗氧化能力增强，但是当浓度超过一定范围时，其酶活随着浓度增加逐渐下降，抗氧化能力下降。

番茄果实在贮藏过程中发生褐变，影响果实的商品价值和经济效益。PPO 是引起果实褐变的重要物质，催化果实中酚类物质转化为醌，然后合成黑色素，随着时间延长发生褐变。利用比色法测定了荷叶、柚皮、山苍子不同浓度提取物对番茄多酚氧化酶活性的影响。

由表 3-7 可以看出，1 mg DW·mL⁻¹ 荷叶、2 mg DW·mL⁻¹ 柚皮、2 mg DW·mL⁻¹ 山苍子提取物处理番茄后，PPO 的活性较低，分别为 1.88、2.01、2.05 U·(g·min)⁻¹，显著低于对照 (4.09 U·(g·min)⁻¹)，与 1-MCP (1.81 U·(g·min)⁻¹) 无明显差异 ($P>0.05$)，说明其能显著抑制采后番茄贮藏期 PPO 活性的升高。

3种植物处理对番茄多酚氧化酶活性的影响表明，在一定浓度范围之内，PPO 酶活性随着浓度增加逐渐减小，有效抑制果实采后褐变，但是当浓度超过一定范围时，其酶活随着浓度增加而增大。

3.2.4 荷叶等 3种植物提取物对采后番茄相对电导率的影响

利用电导仪测定了荷叶、柚皮、山苍子不同浓度提取物对番茄电导率的影响，结果见表 3-8。

表 3-8 3种植物提取物对番茄室温贮藏期间相对电导率的影响

Table 3-8 Effects of relative electric conductivity of tomatoes treated by 3 plant extracts

样品名称	浓度 (mgDW · mL ⁻¹)	相对电导率 (%)
Sample	Concentration (mgDW/mL)	Relative electric conductivity (%)
CK		82.87 ± 1.77 a
1-MCP		63.48 ± 0.89 d
荷叶	0.25	80.17 ± 1.15 ab
	0.5	78.17 ± 0.58 abc
	1	67.25 ± 1.39 d
	2	73.92 ± 1.02 c
	4	76.25 ± 2.73 bc
柚皮	0.25	75.30 ± 0.80 b
	0.5	72.92 ± 3.01 bc
	1	71.16 ± 1.62 bc
	2	62.31 ± 1.10 d
	4	69.22 ± 0.57 c
山苍子	0.25	78.27 ± 3.14 ab
	0.5	75.55 ± 2.64 b
	1	71.18 ± 2.41 bc
	2	65.23 ± 1.93 cd
	4	74.39 ± 2.33 b

注：(1) 1-MCP 浓度为 $0.5 \mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ 。(2) 表中数据为第 16 天测定；(3) 表中数据均为 3 次重复平均值。标相同字母者表示经 Duncan's 新复极差法检验，其在 $P_{0.05}$ 水平上差异不显著。

由表中数据可以看出，不同浓度处理后，番茄果实室温贮藏 16 天后，相对电导率之间有显著差异。 $1 \text{ mg DW} \cdot \text{mL}^{-1}$ 荷叶、 $2 \text{ mg DW} \cdot \text{mL}^{-1}$ 柚皮、 $2 \text{ mg DW} \cdot \text{mL}^{-1}$ 山苍子处理番茄的相对电导率分别为 67.25%、62.31% 和 65.23%，均明显低于对照 (82.87%)，与 1-MCP 无明显差异 ($P > 0.05$)，说明细胞膜透性低于对照处理，能够很好的抑制番茄在衰老过程中的果肉组织的膜系统过氧化作用。

3 种植物处理对番茄电导率的影响表明，在一定浓度范围之内，其电导率随着浓度

增加逐渐降低, 但是当浓度超过一定范围时, 其电导率随着浓度增加逐渐增大。

3.3 荷叶、柚皮、山苍子提取物的保鲜效果系统验证

以“富士”苹果为供试果蔬, 对荷叶、柚皮、山苍子处理的较佳使用浓度保鲜效果进行系统验证。

3.3.1 3种植物提取物的最佳使用浓度对采后苹果感官品质的影响

表 3-9 为柚皮、荷叶和山苍子提取物以最佳使用浓度喷雾法处理苹果后, 在室温下贮藏一定时间后, 对苹果果实感官品质的影响结果。

表 3-9 3 种植物提取物最佳使用浓度对苹果感官品质的影响

Table 3-9 Effects of sensory quality of apples treated by 3 plant extracts with optimum concentration

样品名称 Samples	浓度 (mgDW · mL ⁻¹) Concentration (mgDW/mL)	好果率 (%) Unrotted rate (%)	失重率 (%) Weight-loss rate (%)
CK		33.92 ± 1.55 d	5.99 ± 0.52 a
1-MCP		78.03 ± 2.01 a	2.72 ± 0.16 c
柚皮	2	58.59 ± 2.60 c	3.47 ± 0.06 b
山苍子	2	68.83 ± 3.78 b	3.37 ± 0.09 b
荷叶	1	64.07 ± 1.39 bc	2.56 ± 0.19 c

注: (1)表中失重率为第 120 天数据, 好果率为第 180 天数据; (2)1-MCP 浓度为 0.5 μL · L⁻¹。(3)表中数据均为 3 次重复平均值。标相同字母者表示经 Duncan's 新复极差法检验, 其在 P_{0.05} 水平上差异不显著。

由表 3-9 可以看出, 1 mg DW · mL⁻¹ 荷叶、2 mg DW · mL⁻¹ 柚皮、2 mg DW · mL⁻¹ 山苍子提取物处理苹果后, 好果率均在 50% 以上, 显著高于对照 (33.92%), 但显著低于 1-MCP 处理的好果率 (78.03%); 各处理失重率均低于对照, 有一定保水效果, 但保水性低于 1-MCP。

3.3.2 3种植物提取物的最佳使用浓度对采后苹果风味品质的影响

表 3-10 为柚皮、荷叶和山苍子提取物以最佳使用浓度喷雾法处理苹果后, 在室温下贮藏一定时间后, 对苹果果实风味品质的影响结果。

表 3-10 3 种植物提取物最佳使用浓度对苹果风味品质的影响

Table 3-10 Effects of flavor quality of apples treated by 3 plant extracts with optimum concentration

样品名称 Sample	浓度 (mgDW/mL) Concentration (mgDW/mL)	硬度 (kg · cm ⁻²) Firmness (kg · cm ⁻²)	可溶性固形物 (%) SSC (%)	Vc (mg/(100 g)) Vc	可滴定酸 (%) TA (%)
----------------	--	---	-----------------------	--------------------------	--------------------

7种植物提物质对番茄保鲜活性的筛选

s		(mg/(100g))		
CK		6.35±0.10 d	6.17±0.17 d	3.48±0.14 c 0.22±0.01 c
1-MCP		8.42±0.18 a	8.53±0.03 a	4.92±0.06 a 0.34±0.02 a
柚皮	2	7.02±0.14 c	6.80±0.15 c	3.98±0.11 b 0.30±0.01 b
山苍子	2	7.32±0.11 bc	7.37±0.20 b	4.21±0.16 b 0.29±0.01 b
荷叶	1	7.62±0.15 b	7.83±0.17 b	4.21±0.04 b 0.27±0.01 b

注：(1)1-MCP 浓度为 $0.5 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 。(2)表中数据为第 120 天测定；(3)表中数据均为 3 次重复平均值。标相同字母者表示经 Duncan' s 新复极差法检验，其在 $P_{0.05}$ 水平上差异不显著。下同。

由表 3-10 可以看出：1 mg DW·mL⁻¹ 荷叶、2 mg DW·mL⁻¹ 柚皮、2 mg DW·mL⁻¹ 山苍子提取物处理苹果后，其硬度分别为 7.62、7.02、7.32 kg·cm⁻²，均显著高于对照 (6.35 kg·cm⁻²)，低于 1-MCP (8.42 kg·cm⁻²)；各处理可溶性固形物含量均显著高于对照 (6.17%)，低于 1-MCP (8.53%)；各处理可滴定酸含量均高于对照，低于 1-MCP，荷叶和山苍子处理的可滴定酸含量相同；各处理 Vc 含量均显著高于对照，各处理间差异不显著。

3.3.3 3种植物提取物的最佳使用浓度对采后苹果相对电导率的影响

表 3-11 为柚皮、荷叶和山苍子提取物以最佳使用浓度喷雾法处理苹果后，在室温下贮藏一定时间后，对苹果果实相对电导率的影响结果。

表 3-11 3 种植物提取物最佳使用浓度对苹果相对电导率的影响

Table 3-11 Effects of relative electric conductivity of apples treated by 3 plant extracts with optimum concentration

样品名称 Samples	浓度 Concentration (mgDW/mL)	相对电导率(%) Relative electric conductivity (%)
CK		82.70±0.42 a
1-MCP		68.05±0.71 d
柚皮	2	76.98±0.96 b
山苍子	2	73.55±0.65 c
荷叶	1	72.21±0.55 c

由表 3-11 可以看出, 1 mg DW·mL⁻¹ 荷叶、2 mg DW·mL⁻¹ 柚皮、2 mg DW·mL⁻¹ 山苍子提取物处理苹果后, 其相对电导率分别为 72.21、76.98、73.35%, 均显著低于对照, 高于 1-MCP。

3.3.4 3 种植物提取物的最佳使用浓度对采后苹果保护酶活性的影响

表 3-12 为柚皮、荷叶和山苍子提取物以较佳使用浓度喷雾法处理苹果后, 在室温下贮藏一定时间后, 对苹果果实保护酶活性的影响结果。

由表 3-12 可以看出, 1 mg DW·mL⁻¹ 荷叶、2 mg DW·mL⁻¹ 柚皮、2 mg DW·mL⁻¹ 山苍子提取物能提高苹果果实 CAT 和 POD 酶活性, 延缓果实衰老, 其 CAT 和 POD 酶活性均显著高于对照, 但是低于 1-MCP。

表 3-12 3 种植物提取物最佳使用浓度对苹果保护酶活性的影响

Table 3-12 Effects of protective enzyme activity of apples treated by 3 plant extracts with optimum concentration

样品名称 Samples	浓度(mgDW/mL) Concentration (mgDW/mL)	CAT(U·(g·min) ⁻¹) CAT activity (U·(g·min) ⁻¹)	POD(U·(g·min) ⁻¹) POD activity (U·(g·min) ⁻¹)
CK		17.92±0.29 d	0.34±0.02 c
1-MCP		34.53±0.83 a	1.11±0.03 a
柚皮	2	25.72±1.61 c	0.87±0.03 b
山苍子	2	27.96±1.52 bc	0.86±0.03 b
荷叶	1	29.84±0.80 b	0.79±0.06 b

第四章 讨论与结论

4.1 讨论

本研究表明荷叶、柚皮、山苍子对采后番茄具有良好的保鲜活性，经文献查阅，发现国内外对其保鲜活性报道不多。也有研究表明，植物源物质复配剂或植物源物质与化学农药复配剂的保鲜效果较单剂明显提高，且个别品种效果高于常用化学农药^[23]，如肉桂精油、丁香叶油和壳聚糖、CaCl₂复配具有明显的增效作用^[24-25]。鉴于此，有必要进一步开展荷叶、柚皮、山苍子之间及它们与其他植物源物质的混配增效作用研究，有可能得到高活性的配方组合，开发出具应用前景的植物源果蔬保鲜剂。

4.2 结论

本试验以植物提取物、番茄为材料，在室温（20~25℃）下，采用喷雾处理方法，就植物提取物对番茄的保鲜作用做了研究，对试验结果分析和讨论，形成以下结论：

（1）植物提取物保鲜效果筛选试验结果显示，供试的 7 种植物提取物中，荷叶、柚皮和山苍子保鲜效果较好，1 mg DW·mL⁻¹ 荷叶、2 mg DW·mL⁻¹ 柚皮、2 mg DW·mL⁻¹ 山苍子提取物可以不同程度地提高番茄好果率，降低其失重率，延缓果实硬度、口感、风味、Vc 的降低，提高保护酶活性、抑制相对电导率的增加，有利于保持采后水果的品质，从而延缓果实采后衰老，延长贮藏期，整体保鲜效果与市场常用保鲜剂 1-MCP (0.5 μL·L⁻¹) 活性相当，总体来说这 3 种植物提取物具有开发为植物源保鲜剂的潜能。

（2）同种植物提取物对不同果蔬的保鲜效果不同。荷叶、柚皮、山苍子提取物在较佳使用浓度下，以喷雾法对苹果进行防腐保鲜效果验证，具有一定的保鲜效果，但对苹果保鲜效果低于番茄。

参考文献

- [1] 罗云波, 蔡同一. 2001. 园艺产品贮藏加工学(加工篇)[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 110-11.
- [2] 惠伟. 影响苹果出口的主要质量问题[J]. 西北园艺, 2000, (4): 5.
- [3] 张维一, 毕阳. 果蔬采后病害与控制[M]. 北京, 中国农业出版社, 1995.
- [4] 许喜林, 刘萍. 水果蔬菜保鲜剂的研制[J]. 食品工业科技, 1995, (1): 4-8.
- [5] 市场观察: 中国番茄业逐鹿国际市场, 《食品产业网》, 2007-8-21
- [6] 李锡香. 新鲜果蔬的品质及其分析方法[M]. 中国农业出版社, 1994.
- [7] 叶煜程, 应义斌. 水果品质检测与分级技术[M]. 农机化研究, 2003, 1: 58-59.
- [8] 刘兴华, 饶景萍. 果品蔬菜贮运学[M]. 陕西科学技术出版社, 1998.
- [9] 关军锋. 果品品质研究[M]. 河北科学技术出版社, 2001.
- [10] 沈成国编著. 植物衰老生理与分子生物学[M]. 中国农业出版社, 2002.
- [11] 沈文飏, 叶茂炳, 徐朗荣, 等. 小麦旗叶自然衰老过程中清除活性氧能力的变化[J]. 植物生理学报, 1993, 19(3): 216-220.
- [12] 王如福. 鲜枣耐藏性的影响因素及调控机理研究[D]. 中国, 北京, 中国农业大学, 2002.
- [13] 寇晓红, 王文生. 鲜枣果实衰老与膜脂过氧化作用关系的研究[J]. 园艺学报. 2000, 27(4): 287-289.
- [14] 朱东兴, 饶景萍, 李省印. 果蔬保鲜剂应用研究概述. 陕西农业科学. 2003, (1): 30-33.
- [15] 郝金枝. 高效液相色谱法测定水果中多菌灵的含量. (中国卫生实验室技术). 2004, 14(5): 586-587.
- [16] 关文强, 李淑芬. 天然植物提取物在果蔬保鲜中的应用研究进展[J]. 农业工程学报, 2006(22): 200—204.
- [17] 李鹏霞. 两种植物精油对采后水果的保鲜作用研究[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学: 2006.
- [18] 高俊凤. 植物生理学实验技术[M]. 西安: 世界图书出版公司, 2000.
- [19] 孙群, 胡景江. 植物生理研究技术[M]. 杨凌: 西北农林科技大学研究生试用教材, 2004.
- [20] 李光忠, 杜朝昆, 李江鸿, 等. 在单一提取系统中同时测定五种植物抗氧化酶[J]. 云南师范大学学报. 2002, 22(6): 44-48.
- [21] 曹健康, 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.
- [22] 赵世杰, 刘华山, 董新纯, 等. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1998.
- [23] 缪应林. 90种植物精油对水果防腐保鲜活性的筛选[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学: 2010.
- [24] 苟亚峰, 冯俊涛, 马志卿, 等. 丁香叶油及其与壳聚糖和 CaCl_2 复配对砀山酥梨的保鲜效果. 核农学报. 2008, 22(5): 674-678.
- [25] 苟亚峰, 冯俊涛, 张兴, 等. 肉桂精油及其复配物对砀山酥梨保鲜效果[J]. 农业工程学报, 2008, 24(8): 298-301.

Screening of Fresh-keeping Activity of 7 Botanical Extracts on Tomatoes

Abstract: In this paper, the fresh-keeping activities of 7 plant extracts on postharvest tomatoes were conducted by spraying method, in order to develop and offer the guidance for developing new botanical preservation. The results are presented as follows:

1. On this basis, the fresh-keeping activities of 7 plant extracts were measured based on sensory index (unrotted rate and weight-loss rate), quality index (firmness, SSC, TA, Vc), activity of protective enzyme (CAT and POD) and membrane permeability (relative conductivity). The results showed that pomelo peel, litsea cubeba and lotus leaves showed high fresh-keeping activity to tomatoes. The treatments could keep better quality of tomatoes than CK (clear water treatment) significantly, showing not significantly difference with 1-MCP ($0.5\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$). Relative conductivity of pomelo peel, litsea cubeba and lotus leaves treatments were below 73.0%, CAT activities were 90.10、97.30、92.03U $(\text{g}\cdot\text{min})^{-1}$ respectively, and POD activities were more than three times than CK.

2. The optimum concentrations of pomelo peel, litsea cubeba and lotus leaves extracts were determined ranged $0.25\sim 4\text{ mg DW}\cdot\text{mL}^{-1}$ against tomatoes. The results showed that treatments of $2\text{ mg DW}\cdot\text{mL}^{-1}$ pomelo peel, $2\text{ mg DW}\cdot\text{mL}^{-1}$ litsea cubeba and $1\text{ mg DW}\cdot\text{mL}^{-1}$ lotus leaves extracts showed high fresh-keeping activity than others to tomatoes. They reduced the weight-loss rate and the number of rotted tomatoes significantly, slowed down the decrease in the flesh firmness, flavor and Vc, increased SOD, CAT and POD activity and restrained the increase of PPO activity and relative electric conductivity, showing equivalent activities to 1-MCP.

3. The fresh-keeping activities of pomelo peel, litsea cubeba and lotus leaves extracts in optimum concentration were determined against apples. The result showed that the three treatments showed lower fresh-keeping activity than 1-MCP.

Key words: botanical extracts; activity screening; tomatoe

附 图



图 1 清水对照(CK)

Fig 1 Water control



图 2 药剂对照(1-MCP)

Fig 2 Pharmacy control



图 3 荷叶 1 mg DW/mL

Fig 3 lotus leafs 1 mg DW/mL



图 4 柚皮 2 mg DW/mL

Fig 4 pomelo peel 2 mg DW/mL



图 5 山苍子 2 mg DW/mL

Fig 5 litsea cubeba 2 mg DW/mL