

高温处理对采后山药块茎愈伤和抗病性的影响

杨书珍¹ 刘 灿¹ 苏小军² 张美红¹ 彭丽桃¹

1. 华中农业大学食品科学技术学院, 武汉 430070;

2. 湖南农业大学湖南省作物种质创新与资源利用重点实验室, 长沙 410128

摘要 以菜山药(*Dioscoreae rhizoma*)为材料,人工造伤后分别在5、15、25、35℃下处理7 d,研究采后不同温度处理对损伤山药采后组织结构、失重和抗病性、活性氧代谢、酚类物质代谢等相关抗病性指标的影响。结果显示:在5~35℃范围内,随着处理温度的升高,伤口切面积累木栓质聚酚和木质素,以35℃高温处理组积累最早且积累最多;同时35℃愈伤处理的山药块茎失重率和发病程度显著降低,过氧化氢含量、超氧阴离子产生速率和超氧化物歧化酶、过氧化物酶活性显著高于其他温度处理组;总酚、总黄酮含量、多酚氧化酶、苯丙氨酸解氨酶活性显著高于其他温度处理组。上述研究结果表明,35℃高温处理采后菜山药可以提高其块茎活性氧代谢和酚类物质代谢水平,有效促进山药块茎采后损伤的愈合和抗病性,减少采后腐烂。

关键词 山药; 温度处理; 愈伤处理; 块茎; 采后品质

中图分类号 S 632.1 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2019)04-0113-07

山药(*Dioscoreae rhizoma*)是多年生薯蓣属植物薯蓣(*Dioscorea opposita* Thunb)的根茎,肉质脆嫩、营养丰富,有助消化、敛虚汗、强身健体等功效,是重要的药食同源食物^[1]。山药质脆皮薄,在采收、贮运销售环节中容易遭受机械损伤,引起产品迅速失水,同时伤口容易感染微生物,导致块茎的腐烂变质^[2]。已有研究表明,在遭受机械损伤后,植物组织产生十分复杂的响应。在温湿度适宜条件下,受伤部位薄壁组织细胞在初生细胞壁位置积累聚酚和聚酯类物质,加速伤口部位木栓化进程,形成新的创伤周皮,刺激伤口愈合^[3]。马铃薯愈伤层形成过程中,在初生壁部位叠层积累木栓质聚酚(suberin polyphenolics, SPP)形成 SPP 区,随后木栓质聚酯(suberin polyaliphatics, SPA)在 SPP 区位置上积累,两者协同作用抵御微生物侵染、减少组织失水和营养品质损耗^[4-5]。果蔬采后的愈伤效果与愈伤温度密切相关,“嘎啦”苹果在 38℃下热处理 4 d,能有效提高生防菌的采后腐烂^[6-7]。进一步分析发现,愈伤处理苹果组织中抗病相关酶如合成酚类物质的关键酶苯丙氨酸解氨酶(phenylalanine ammonia lyase, PAL)、氧化酚类物质的关键酶多酚氧化酶(polyphenol oxidase, PPO)和过氧化物酶(peroxidase,

POD)活性显著提高,木质素和细胞壁酚类物质在伤口部位附近显著积累,从而显著提高了果实的抗病性能^[8]。因此,采后愈伤是一些果蔬保持采后品质、减少腐烂的必要处理措施。截至目前,有关山药采后合适的愈伤条件,以及愈伤引起的生理响应与组织结构特性变化少见报道。本研究以菜山药为材料,观察伤口切面处细胞木质素、木栓质聚酚积累情况,考察不同温度处理下山药块茎失重和抗病性变化,分析酚类物质代谢和活性氧代谢等抗病相关指标的变化规律,探讨温度处理对山药块茎采后愈伤的影响及其可能机制,为山药贮藏保鲜技术的改进提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

菜山药(*Dioscoreae rhizoma*)从湖北省武汉市白沙洲批发市场购得,纸箱包装后运至实验室。

1.2 样品处理

选取粗细均匀、无明显病虫害和机械伤的山药,自来水洗净,再用1%次氯酸钠溶液消毒,晾干后,横切成长5 cm的小段,备用。病原菌扩展青霉(*Penicillium expansum*)自腐败山药中分离,由天

收稿日期: 2018-04-30

基金项目: 国家自然科学基金项目(31471633;31871850)

杨书珍,博士,副教授. 研究方向:农产品加工与保鲜. E-mail: yszhen@mail.hzau.edu.cn

通信作者: 彭丽桃,博士,教授. 研究方向: 果蔬保鲜. E-mail: penglt12@mail.hzau.edu.cn

一辉远公司鉴定确认。愈伤处理参考 Bajji 等^[9]的方法,山药切段装入保鲜盒中,套上聚乙烯保鲜袋,分别置于 5、15、25、35 ℃(相对湿度为 85%~90%)生化培养箱中进行愈伤处理。定期取切面处厚度为 1~3 mm 的样品,用于组织结构观察和相关理化指标的测定。

1.3 山药组织中 SPP 和木质素组织化学定位观察与测定

SPP 荧光观察和木质素染色参考 Lulai 等^[10]的方法进行。徒手切片法切片,小心装片后在荧光显微镜(DM3000,莱卡)下观察 SPP 积累。同样方法切片后,装片,在 1%间苯三酚-HCl 溶液中染色 1 min,在普通显微镜下观察木质素积累情况。参照姜红等^[11]的乙酰溴法进行木质素含量的测定,在 280 nm 下测定样品 OD 值。木质素含量以 OD₂₈₀/g FW 表示。

1.4 山药愈伤形成过程中失重率的测定

参考 Bajji 等^[9]的方法测定失重率,在各温度下愈伤 7 d 后,将山药放在 65 ℃ 的恒温箱中,分别在 30、60、90、120 min 称质量,每个处理重复 3 次,每个重复用 12 段山药切块。

$$\text{失重率} = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100\% \quad (1)$$

式(1)中: m_0 为根茎初始质量; m_1 为根茎称量时质量。

1.5 人工接种及菌斑直径的测定

扩展青霉培养 7 d 后制取孢子,配制悬浮液后涂布 PDA 培养基,生化培养箱中 26 ℃ 下培养 2 d,打孔器取直径 7 mm 菌饼,接种在愈伤 4 d 的山药切面位置,用塑料胶带固定后,放置在保鲜盒中,封上保鲜袋,于 25 ℃ 培养箱培养 7 d,测定感染的菌斑直径。山药切块的抗病性用病斑直径大小表征^[12]。

1.6 山药组织中活性氧及其清除酶活性的测定

过氧化氢含量测定参照王学奎^[13]的方法,在 410 nm 波长下测定吸光值,结果以 $\mu\text{mol/g}$ 表示。超氧阴离子测定参照葛永红等^[14]的羟氨氧化法,于 530 nm 处测定吸光度值,结果以 $\text{nmol}/(\text{min} \cdot \text{g})$ 表示。超氧化物歧化酶活性测定参照 Giannopolitis 等^[15]的氯化硝基四氮唑蓝还原法,在 560 nm 下测定吸光度值,以每分钟抑制 NBT 光化还原的 50% 为 1 个酶活单位。POD 活性测定参照杨书珍等^[16]的愈创木酚法,在 470 nm 处测定吸光值。以每分钟吸光度变化 0.01 为 1 个酶活性单位。

1.7 山药组织中抗病相关酶活性和黄酮、总酚含量的测定

总酚含量测定参照 Yan 等^[17]的福林酚法。黄酮含量测定参照王学奎^[13]的硝酸铝-亚硝酸法。PAL 活性参照曹建康等^[18]的方法进行,在 290 nm 处测定吸光值,以每分钟吸光度值变化 0.01 为 1 个酶活性单位。PPO 活性的测定参照李合生^[19]的邻苯二酚比色法,在 470 nm 下测定吸光值。以每分钟吸光度变化 0.01 为 1 个酶活性单位。

1.8 数据处理

采用 Origin 8.0 作图和 SPSS 18.0 软件进行方差分析,所有数据均为 3 次重复的平均值。

2 结果与分析

2.1 温度处理对山药切段组织 SPP 和木质素积累的影响

如图 1 所示,5、15 ℃ 处理下愈伤的山药块茎 SPP 没有表现出明显积累;25、35 ℃ 处理下愈伤的山药块茎中 SPP 在 1 d 后出现积累,且随愈伤时间的延长,SPP 积累显著增加;35 ℃ 处理下的山药块茎切段 SPP 积累最多。

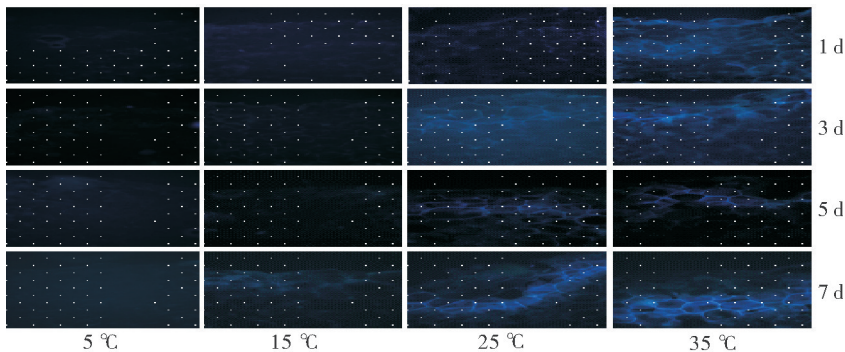


图 1 不同愈伤温度处理下山药切面 SPP 积累观察

Fig.1 Effects of different curing temperature on SPP accumulations at the cut sites of yams

木质素积累观察表明(图2), 5℃处理下贮藏7 d, 山药切口附近薄壁细胞几乎不积累木质素; 其他温度条件处理下愈伤的山药切片随愈伤温度的增加和愈伤时间的延长, 组织切片的染色强度增加; 同时薄壁组织的细胞发生显著分化, 出现了致密细胞层, 并在附近积累较多木质素, 以35℃愈伤条件下

最显著。

进一步分析切面位置木质素含量发现, 5℃处理下山药切段木质素含量变化不明显; 而在15、25、35℃处理下愈伤的山药切段, 木质素含量随着处理温度升高而增加(图3)。因此, 提高愈伤温度可以有效促进山药愈伤过程中木质素和SPP的积累。

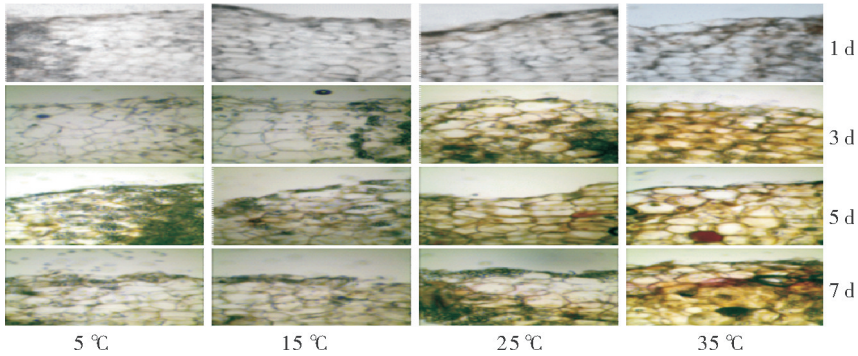


图2 不同愈伤温度影响山药切面木质素积累

Fig.2 Influence of different curing temperature on lignin accumulation at the wounding sites of yams

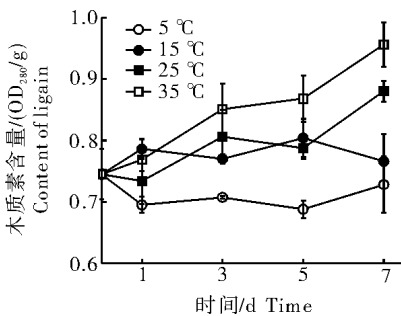


图3 不同愈伤温度处理对木质素含量的影响

Fig.3 Influence of various curing temperature on lignin accumulation at the cut sites of yams

2.2 温度处理对切段山药失重和抗病性的影响

愈伤温度显著影响切段山药的水分丢失(图4A), 5、15℃组失重率大幅增加, 而25、35℃处理组能有效减少水分散失, 表明在5~35℃范围内, 提高愈伤温度可以有效地降低山药块茎失重。产品愈伤中形成栓化组织, 重构了有效的物理机械屏障, 进而阻止病原菌侵染和繁殖^[4]。

图4B结果表明, 愈伤处理4 d后, 不同温度处理山药接种扩展青霉后, 腐烂直径随着愈伤温度的增加而减小。35℃愈伤后病斑直径显著低于5、15、25℃下愈伤山药。在35、25℃下愈伤7 d的山药块茎, 接种后不表现发病症状, 表明愈伤形成后能完全阻止病菌侵染。

2.3 温度处理对切段山药活性氧代谢的影响

果蔬组织中的活性氧 H_2O_2 和 $O_2^- \cdot$ 与抗病反应密切相关。温度处理极显著 ($P < 0.01$) 影响山药切段切口处 H_2O_2 的积累。随着温度处理时间的延长, 5、15、25℃处理组 H_2O_2 积累表现出先增加后降低的趋势, 在处理3 d时达到最大值后降低。而35℃处理下愈伤的切段 H_2O_2 积累随处理时间的延长显著增加, 在处理7 d时积累量高出25℃处理组78.7%。不同温度愈伤条件下山药切段 $O_2^- \cdot$ 产生速率有较大差异(图5B), 5、15℃下组织 $O_2^- \cdot$ 产生维持较低水平状态; 而25、35℃下的山药切段 $O_2^- \cdot$ 产生在愈伤前期呈现高位运行趋势, 以35℃下 $O_2^- \cdot$ 产生最强烈, 其在处理7 d时的愈伤中均显著高于其他温度处理 ($P < 0.05$)。

SOD 和 POD 是植物细胞清除活性氧的重要酶。由图5C可以看出, 5、15℃愈伤的山药块茎 SOD 活性呈先下降后上升趋势, 而25℃和35℃下的山药块茎 SOD 活性一直呈上升的趋势, 且35℃处理下愈伤的切段山药 SOD 活性显著高于其他处理组 ($P < 0.05$)。POD 活性检测结果表明(图5D), 各温度愈伤处理, 山药 POD 活性整体呈上升趋势, 以35℃处理下山药切段 POD 活性最高。这些结果表明, 高温处理显著提高山药块茎活性氧的代谢水平。

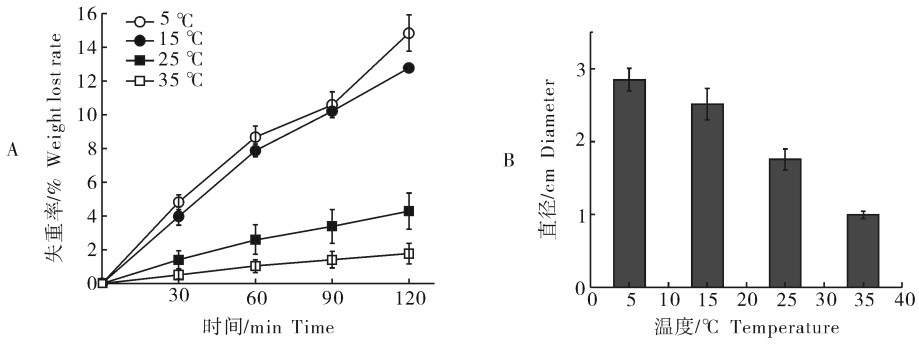


图 4 不同温度处理对山药切段失重率(A)和腐烂直径(B)的影响

Fig.4 Effects of treatments with different temperature on weight loss rates (A) and the lesion diameters(B) at the cut sites of yams

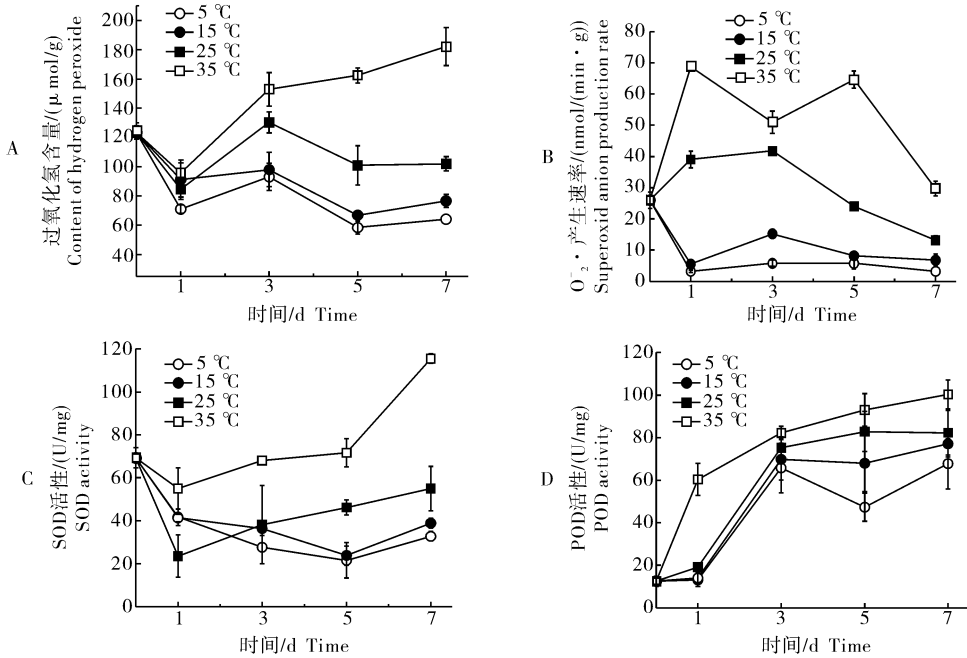


图 5 温度处理对山药 H₂O₂ 含量(A)、O₂^{-·} 产生速率(B)、SOD 活性(C)和 POD 活性(D)的影响

Fig.5 Effects of temperature treatments on the contents of H₂O₂ (A) and O₂^{-·} production rate(B), activities of SOD(C) and POD (D) at the cut sites of yams stored for 7 days

2.4 温度处理对切段山药酚类物质代谢的影响

山药的酚类物质代谢与愈伤层的形成密切相关。不同愈伤温度处理显著影响了酚类物质积累(图 6A), 5 °C 和 15 °C 愈伤组山药总酚维持低位平缓状态; 而高温处理组(25、35 °C)山药切段在愈伤过程中的总酚积累持续增加, 尤其以 35 °C 处理组最显著。

不同愈伤条件下山药切段的黄酮积累趋势与总酚相似(图 6B), 低温(5、15 °C)条件下黄酮积累相对较低且变化幅度不大; 而 25 °C 和 35 °C 处理下山药黄酮含量持续增加, 愈伤 7 d 后, 35 °C 处理组黄酮含量较 25 °C 处理组高出 75.7%。

PAL 是酚类物质合成途径的关键酶。如图 6C 所示, 在愈伤过程中, 切段山药 PAL 活性呈上升趋势, 随处理温度的升高, 山药的 PAL 活性不断增加, 以 35 °C 条件下愈伤的山药组 PAL 活性最高, 与酚类物质的积累保持一致。

PPO 是催化多酚类物质氧化聚合的关键酶, 在形成木栓层过程中有十分重要的作用。愈伤的温度条件显著影响了山药 PPO 活性(图 6D): 高温处理组(25、35 °C)PPO 的活性随愈伤时间的延长不断增加, 而低温处理组(5、15 °C)酶活性短暂升高后迅速下降, 维持较低水平活性。经过 7 d 愈伤, 与 25 °C 处理组相比, 35 °C 处理组山药切段的 PPO 活性增

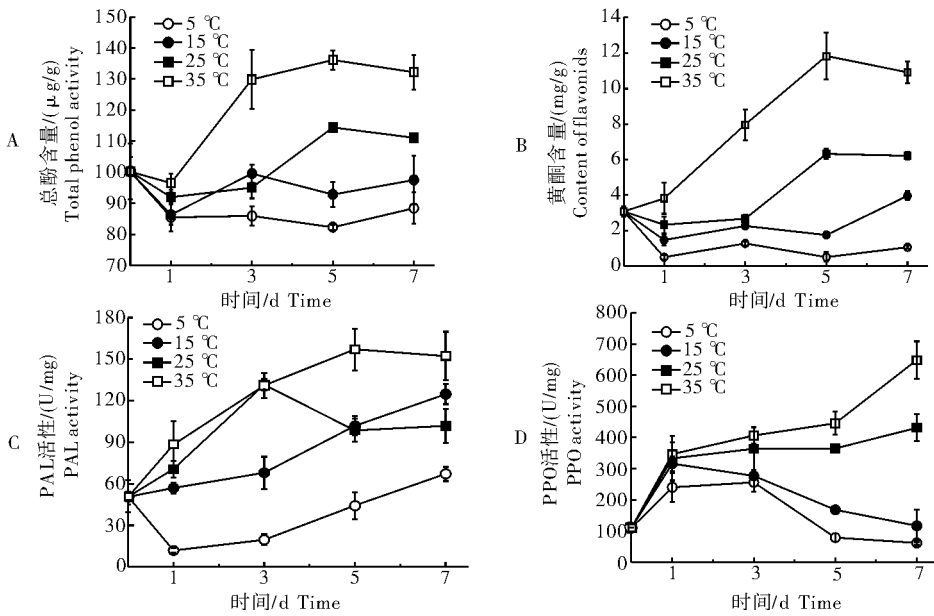


图 6 温度处理对总酚含量(A)、黄酮含量(B)和 PAL 活性(C)、PPO 活性(D)影响
 Fig.6 Effects of different curing temperatures on the contents of total phenol (A), flavonoids(B), activities of PAL (C), and PPO (D) at the wounding sites of yams stored for 7 days

加了 50.3%，说明在 35 °C 高温愈伤有效提高了酚类物质代谢，促进了木质素积累和创伤周皮的形成，从而增强了山药切段抗病性。

3 讨论

植物愈伤组织的形成是十分复杂的过程。目前的研究表明，受伤部位的细胞外围积累木栓质和 SPP，两者以共价键方式结合，附着在细胞壁外层，形成甘油桥联聚酯网络^[9]，强化了细胞壁结构屏障，从而有效降低了水分蒸发和病菌的侵害。本研究结果表明，在高温下(35 °C)愈伤的山药切段，组织表层快速积累了 SPP，表现为荧光强度增强和释放英冠的细胞层数增多，同时木质素的沉积显著提前，从而有效降低了山药的失水和感病。有研究表明，甘薯在 32 °C 下愈伤放置 4 d，较未经处理腐烂率降低了一半以上^[20]；贮藏温度显著影响采收甜菜的伤口愈合，低温条件延缓了机械伤口的愈合^[21]。本试验研究结果与以上研究结果具有一致性，表明高温处理增强了山药切口处的栓化程度，有效降低了山药块茎失水和腐烂。

活性氧爆发是植物在遭受病菌攻击后的重要响应，在抗病中有十分重要的作用。Bajji 等^[9]研究表明，在马铃薯愈伤的木栓化进程中，H₂O₂ 通过与 POD 酶协同作用，促进受伤薄壁细胞中木栓质聚酚

SPP 的形成和积累。Jacobovelazquez 等^[22]发现，活性氧参与了机械损伤的胡萝卜中酚类物质积累进程，并且可能是作为信号分子发挥作用。Han 等^[23]进一步研究发现，提高胡萝卜愈伤温度，可提高切口部位的总酚积累，同时强化了活性氧产生和 SOD 的诱导；而活性氧抑制剂 DPI(diphenyliodonium iodide, DPI)处理，消除了高温对 SOD 活性的诱导作用，减少了活性氧累积和抑制总酚的积累。经过 DPI 处理的马铃薯，在愈伤形成过程中，H₂O₂ 产生抑制，酚类物质氧化受阻，伤口部位积累羟基肉桂酸等未氧化聚合的简单酚类物质，而聚合酚的积累受到显著抑制^[24]。本研究发现，高温处理增强了山药活性氧代谢酶 SOD 和 POD 的活性，提高了组织中 O₂⁻· 和 H₂O₂ 的水平，表明采后高温强化代谢活性和抗性水平，提高了山药的抗性。

酚类物质是果蔬中重要的活性物质，影响生物体的抗逆性和抗病性^[25]。酚类物质通过苯丙烷途径合成，PAL 是该途径中的第一个关键限速酶。山药在高温(35 °C)下产生愈伤，有效提高了 PAL 活性，增加了总酚、总黄酮、木质素的积累。相似的结果在有关苹果的研究上也有报道，如愈伤产生 4 d 的红富士，伤口部位的 H₂O₂、酚类物质和木质素水平显著增加，PAL 酶活性也增强。分析马铃薯木栓质的组成发现，软木脂聚酚域 SPPD 存在大量的

羟基肉桂酸、阿魏酸、羟基肉桂酸等衍生物^[9,24],而阿魏酸、羟基肉桂酸、香豆酸和单体木质素是拟南芥木栓质的主要组成成分^[27],暗示催化酚类合成的关键酶 PAL 在组织愈伤中发挥重要作用。

PPO 是酚类物质代谢的关键酶之一,催化酚类物质氧化和活性氧清除^[28-29]。最近研究表明,PPO 还可能通过介导木质素与寡聚糖之间的聚合反应等参与细胞壁结构修饰^[30]。高温诱导酚类物质代谢关键酶活性,并显著增加山药切口位置酚类物质和木质素积累,促进了木栓化进程,强化了伤口部位机械屏障,并活化组织防御系统,从而有效提高山药的抗病性^[31]。

综上,山药切段于高温条件下进行愈伤处理,可以增强组织的活性氧代谢水平,提高了酚类物质代谢活性,刺激切口部位木栓质快速形成,加速伤口愈合,从而有效减少了腐烂和失重,维持了山药营养和品质。

参 考 文 献

- [1] 李月仙,黄东益,黄小龙,等.山药的研究进展[J].中国农学通报,2009,25(9):91-96.
- [2] 姜瑜倩,李喜宏,负娟,等.不同保鲜剂处理对山药贮藏品质的影响[J].食品工业科技,2012,33(9):402-404.
- [3] NEUBAUER J D, LULAI E C, THOMPSON A L, et al. Molecular and cytological aspects of native periderm maturation in potato tubers[J]. Journal of plant physiology, 2013, 170(4): 413-423.
- [4] LULAI E C, CORSINI D L. Differential deposition of suberin phenolic and aliphatic domains and their roles in resistance to infection during potato tuber (*Solanum tuberosum* L.) wound-healing[J]. Physiological and molecular plant pathology, 1998, 53(4): 209-222.
- [5] KUMAR G N M, KNOWLES N R. Age-induced loss of wound-healing ability in potato tubers is partly regulated by ABA[J]. Planta, 2010, 232(6): 1433-1445.
- [6] LEVERENTZ B, JANISIEWICZ W J, CONWAY W S, et al. Combining yeasts or a bacterial biocontrol agent and heat treatment to reduce postharvest decay of 'Gala' apples[J]. Postharvest biology and technology, 2000, 21(1): 87-94.
- [7] CONWAY W S, LEVERENTZ B, JANISIEWICZ W J, et al. Improving biocontrol using antagonist mixtures with heat and/or sodium bicarbonate to control postharvest decay of apple fruit[J]. Postharvest biology and technology, 2005, 36(3): 235-244.
- [8] 苏晶. 采后苹果果实机械伤诱导的抗病性机理研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2011.
- [9] BAJJI M, HAMDI M, GASTINY F, et al. Catalase inhibition alters suberization and wound healing in potato (*Solanum tuberosum*) tubers[J]. Physiologia plantarum, 2007, 129(3): 472-483.
- [10] LULAI E C, NEUBAUER J D. Wound-induced suberization genes are differentially expressed, spatially and temporally, during closing layer and wound periderm formation[J]. Postharvest biology and technology, 2014, 90(4): 24-33.
- [11] 姜红, 毕阳, 李昌健, 等. 马铃薯品种'青薯 168'和'陇薯 3 号'块茎愈伤能力的比较[J]. 中国农业科学, 2017, 50(4): 774-782.
- [12] 赵亚婷, 朱璇, 马玄, 等. 采前水杨酸处理对杏果实抗病性及苯丙烷代谢的诱导[J]. 食品科学, 2015, 36(2): 216-220.
- [13] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [14] 葛永红, 李灿婴, 王毅, 等. 硅酸钠处理对杏果实活性氧和苯丙烷代谢的影响[J]. 食品工业科技, 2014, 35(13): 317-320.
- [15] GIANNOPOLITIS C N, RIES S K. Superoxide dismutases: I. occurrence in higher plants[J]. Plant physiology, 1977, 59(2): 309-314.
- [16] 杨书珍, 彭丽桃, 潘思轶, 等. 蜂胶提取物处理对柑橘诱导抗病性的影响[J]. 食品科学, 2010, 31(8): 275-279.
- [17] YIN Y, LI Y C, BI Y, et al. Postharvest treatment with β -aminobutyric acid induces resistance against dry rot caused by *Fusarium sulphureum* in potato tuber[J]. Journal of integrative agriculture, 2010, 9(9): 1372-1380.
- [18] 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.
- [19] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [20] 吴朝霞, 季宏波, 徐冰, 等. 辽南地区三种主栽甘薯品种的耐贮性及愈伤处理对贮存品质影响的初步研究[J]. 食品工业, 2011, 32(6): 70-72.
- [21] FUGATE K K, RIBEIRO W S, LULAI E C, et al. Cold temperature delays wound healing in postharvest sugarbeet roots[J]. Frontiers in plant science, 2016, 7: 499.
- [22] JACOBO-VELAZQUEZ D A, MARTINEZ-HERNANDEZ G B, RODRIGUEZ S D C, et al. Plants as biofactories: physiological role of reactive oxygen species on the accumulation of phenolic antioxidants in carrot tissue under wounding and hyperoxia stress[J]. Journal of agricultural and food chemistry, 2011, 59(12): 6583-6593.
- [23] HAN C, LI J, JIN P, et al. The effect of temperature on phenolic content in wounded carrots[J]. Food chemistry, 2017, 215(1): 116-123.
- [24] RAZEM F A R, BERNARDS M A. Hydrogen peroxide is required for poly(phenolic) domain formation during wound-induced suberization[J]. Journal of agricultural and food chemistry, 2002, 50(5): 1009-1015.
- [25] 季娜娜, 闵德栋, 李富军, 等. 一氧化氮合酶途径在精氨酸诱导番茄果实采后抗病性中的作用[J]. 食品科学, 2018, 39(1): 250-257.
- [26] SHAO X F, TU K, TU S C, et al. Effects of heat treatment on

- wound healing in Gala and Red Fuji apple fruits[J].*Journal of agricultural and food chemistry*, 2010, 58(7):4303-4309.
- [27] VISHWANATH S J, DELUDE C, DOMERGUE F, et al. Suberin; biosynthesis regulation, and polymer assembly of a protective extracellular barrier[J].*Plant cell reports*, 2015, 34(4): 573-586.
- [28] 周晓婉,唐永萍,石亚莉,等.1-MCP对低温贮藏苹果灰霉病抗性的诱导作用[J].*食品科学*, 2016, 37(12):254-260.
- [29] 罗文建,杨凡,史宣杰,等.黄瓜枯萎病拮抗菌的分离鉴定及其生物防效[J].*华中农业大学学报*, 2018, 37(3):32-38.
- [30] ALBA C M, FORCHETTI S M D, TIGIER H A. Phenoloxidase of peach (*Prunus persica*) endocarp: its relationship with peroxidases and lignification[J].*Physiologia plantarum*, 2000, 109(4):382-387.
- [31] 刘灿.温度和化学药剂处理促进山药块茎愈伤机理的初步研究[D].武汉:华中农业大学,2018.

Effects of high temperature treatment on callus and disease resistance of postharvest yam tubers

YANG Shuzhen¹ LIU Can¹ SU Xiaojun² ZHANG Meihong¹ PENG Litao¹

1.College of Food Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

2.Hunan Key Laboratory of Crop Germplasm Innovation and Utilization, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China

Abstract In this experiment, artificially wounded yam tubers were treated at 5 °C, 15 °C, 25 °C and 35 °C for 7 days, respectively. The effects of different temperature treatments on the post-harvest tissue structure, weight loss and disease resistance, disease resistance indicators related with metabolism of active oxygen and phenolic substance were studied. The results showed that in the range of 5-35 °C, the corrugated polyphenols and lignin were accumulated in the wound section with the increase of treatment temperature. The treatment group with the high temperature of 35 °C accumulated the earliest and accumulated the most. The weight loss rate and incidence of yam tuber treated with callus at 35 °C were significantly reduced. The contents of hydrogen peroxide, total phenols and flavonoids, the production rate of superoxide anion, and activities of superoxide dismutase, peroxidase, polyphenol oxidase and phenylalanine ammonia lyase of the yam tuber under 35 °C were the highest among the treatments. It is indicated that the high temperature treatment of postharvest yam at 35 °C can improve the metabolism of active oxygen and phenolic of yam tubers, effectively promote the healing and disease resistance of yam tuber postharvest damage, and reduce postharvest rot.

Keywords yam; temperature treatment; callus treatment; tuber; postharvest quality

(责任编辑:陆文昌)