

刘灿,彭丽桃,杨书珍. β -氨基丁酸结合碳酸氢钠对采后损伤山药愈伤的影响[J].华中农业大学学报,2020,39(5):130-135.

DOI:10.13300/j.cnki.hnlkxb.2020.05.018

β -氨基丁酸结合碳酸氢钠对采后损伤山药愈伤的影响

刘灿,彭丽桃,杨书珍

华中农业大学食品科学技术学院,武汉 430070

摘要 为研究化学诱抗剂对采后机械损伤山药愈伤效果及抗病性的影响,采用 1 mmol/L β -氨基丁酸(BABA)结合 NaHCO_3 复合处理人工损伤山药,在 35 °C 下(RH 85%)愈伤 7 d。通过测定愈伤期间损失率、腐烂程度、木质素、酚类物质和超氧化物含量来评价愈伤效果。结果显示,人工机械损伤山药经 1 mmol/L BABA 结合 NaHCO_3 复合处理后,山药的腐烂程度明显降低,能快速促进伤口部位木质素和酚类物质的积累,大幅提升超氧化物含量。由此表明,BABA 结合 NaHCO_3 复合处理能有效抑制山药愈伤期间病原菌侵染,促进损伤山药愈伤结构快速形成。

关键词 山药;愈伤;采后贮藏; β -氨基丁酸;采后损伤;酚类物质;化学诱抗剂

中图分类号 TS 205.9 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2020)05-0130-06

山药中含水量约 80%,皮薄且肉质脆嫩,在采收及运输过程中容易发生机械损伤,不经过处理、没有形成愈伤组织的山药受潮易变软发黏,变黄,容易感染霉菌,发生腐烂变质。这不仅不利于采后山药的储藏,还会对其商品价值造成较大影响^[1-2]。对山药采取及时有效处理能加速愈伤组织形成,从而降低因机械损伤导致的山药品质劣变。此前已有研究表明适当提高愈伤的温度能有效促进机械损伤山药的愈伤^[3],而且损伤山药组织受病原菌侵染也会导致愈伤组织形成缓慢甚至失败。若愈伤前期对山药进行化学诱抗剂处理,通过提高组织系统抗病性,则能减少因病原菌侵染损伤组织导致的愈伤失败。而诱抗剂 β -氨基丁酸(BABA)及碳酸氢钠(NaHCO_3) 在多种果蔬中应用均证实能明显减少植物病害,目前取得了较好的效果。 β -氨基丁酸(BABA)作为一种非蛋白质氨基酸,具有抗真菌活性及诱导部分植物组织产生防御反应的作用^[4],在已知研究中 BABA 还通过增强系统获得性抗性基因的表达诱导抗性^[5],对马铃薯晚疫病、烟草高盐胁迫、葡萄灰霉病、苹果青霉病等植物的诱导抗病性均有良好的效果。 NaHCO_3 是一类无机的、安全、常用的食品添加剂,是国际有机食品允许使用成分之一。 NaHCO_3

对柑橘、胡萝卜、辣椒和柠檬等果蔬采后病害的防治有较好的效果,其通过改变环境的 pH 值以达到抑制真菌生长的目的^[6]。吴武等^[7] 研究发现, NaHCO_3 与其他方法联用可以达到更好的防腐保鲜效果。2 种化学诱抗剂与其他试剂结合使用均有较多研究,并在采后果蔬抗病中有较好效果,但对以上 2 种化学诱抗剂应用在采后山药抗病性及其愈伤效果的研究几乎没有。因为 BABA 对部分病原菌的抑制作用具有浓度依赖效应^[8],所以本试验在前期筛选出药剂合适浓度基础上^[9],采用 1 mmol/L BABA 和 1 mmol/L NaHCO_3 复合处理损伤山药,通过评价愈伤程度及抗病性,探究 BABA 协同 NaHCO_3 对机械损伤山药愈伤及抗病性诱导可能机制,以为果蔬愈伤与贮藏提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料处理

采用外观整齐、粗细均匀、无病虫害及无损伤的菜山药(*Dioscoreae rhizoma*),以 1% NaClO 溶液清洗后切段(长度 5 cm)备用。愈伤处理参考 Bajji 等^[10] 的方法,药剂均用无菌水配制成浓度 1 mmol/L 溶液,定量均匀涂布于断面上,以涂布无

收稿日期:2020-04-20

基金项目:国家自然科学基金面上项目(31471633)

刘灿,硕士研究生.研究方向:果蔬贮藏保鲜. E-mail: 344940993@qq.com

通信作者:杨书珍,博士,副教授.研究方向:果蔬贮藏保鲜. E-mail: 1042333583@qq.com

菌水山药段为空白组。晾干后将山药段装盒、套袋,于 35 °C (RH 85%) 生化培养箱孵育, 每组均使用 30 段山药, 并重复 3 次。

1.2 栓化程度评价

栓化程度以聚酚软木脂 (suberin poly phenolics, SPP) 观察和木质素含量为评价指标, 荧光及染色观察参考 Lulai 等^[11] 及 Van 等^[12] 方法, 并稍作修改。SPP 观察方法为将愈伤组织切成薄片后于荧光显微镜下观察荧光反应。木质素沉积观察采用间苯三酚-HCl 法染色后, 在光学显微镜下观察显色。木质素含量的测定采用乙酰溴法^[9]。

1.3 损失率测定

损失率采用差量法^[9]测定。山药愈伤 7 d 后在 65 °C 恒温孵育, 每隔 30 min 称质量。

1.4 人工接种及腐烂程度的测定

选用致病菌为天-辉远公司菌种鉴定的扩展青霉 (*Penicillium expansum*)。菌饼制作参考刘灿^[9] 的方法, 将菌饼接种于愈伤 3 d 的山药损伤面中心, 在 25 °C 生化培养箱培养 7 d 后测定菌斑直径。腐烂直径测定方法参考葛永红等^[13] 的十字交叉法并稍作修改。

1.5 黄酮及总酚含量测定

总酚及黄酮含量测定分别采用福林酚法和硝酸铝-亚硝酸法^[9]。

1.6 H₂O₂ 含量及 O₂⁻ 含量测定

过氧化氢 (hydrogen peroxide, H₂O₂) 含量测定

于 410 nm 波长下测定吸光值^[9]。超氧阴离子 (superoxide anion, O₂⁻ ·) 测定采用羟氨氧化法^[9], 于 530 nm 处测定吸光度值。

1.7 数据处理

数据采用 Excel 2003 处理, 并用 Origin 8.0 软件作图, 用 SPSS 18.0 软件进行差异性显著分析。

2 结果与分析

2.1 山药愈伤过程中损失率与腐烂程度的测定

如图 1A 所示, 温度处理对伤口水分损失的影响较药剂处理显著。愈伤形成的封闭层不仅能有效防止水分散失, 同时也能抵抗病原菌的入侵。1 mmol/L BABA 结合 NaHCO₃ 复合处理能有效降低切面腐烂程度。35 °C 下愈伤山药块茎损失率高于 25 °C 下愈伤, 表明适当失水可能促进表面伤口细胞的栓化。药剂处理组损失率均低于 35 °C 空白组 (CK), 但是组间无显著差异。如图 1B 所示, 愈伤 3 d 后, 35 °C 各组腐烂程度明显小于 25 °C 处理组 ($P < 0.05$), 各药剂处理后山药损伤部位腐烂程度均小于空白组, 1 mmol/L BABA 结合 NaHCO₃ 复合处理后山药腐烂程度最低 ($P < 0.05$)。单一药剂处理组与 35 °C 空白组的腐烂程度差异不显著。结果表明复合处理诱导植物产生抗病性物质 (木质素、酚类等), 有助于细胞壁木质化聚合的加强和增厚, 在一定程度上抑制了损伤部位失水, 阻止微生物进入组织发生侵害。

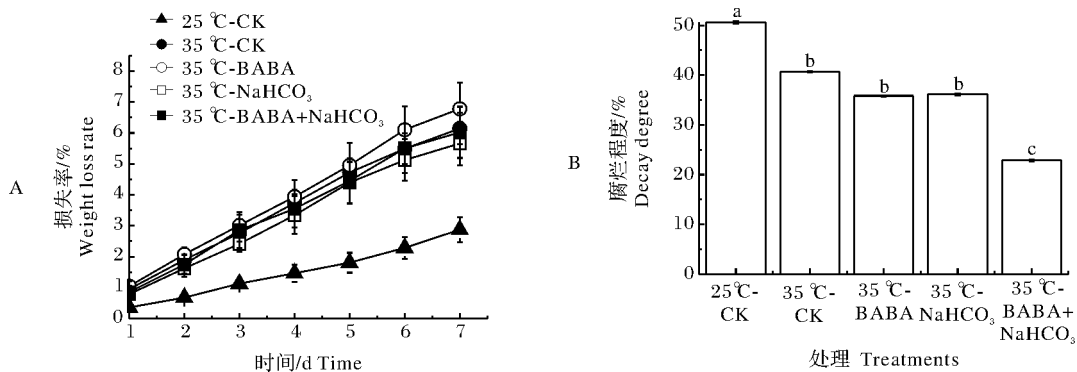


图 1 不同药剂处理对损伤山药损失率(A)和腐烂程度(B)的影响

Fig.1 Effects of different curing treatment on weight loss rate (A) and the decay degree (B) of the wounding yams

2.2 山药组织栓化程度测定

如图 2A 所示, 各组软木脂含量随愈伤时间延长而增加。1 mmol/L BABA 结合 NaHCO₃ 处理较其他组能有效促进软木脂在细胞壁上的积累。存在于植物外层细胞壁中的软木脂是一种天然的芳香族聚合

物, 在紫外光激发下会发出蓝绿色荧光。山药切片荧光信号在伤口愈合过程中增加, 说明软木脂在细胞中逐渐积累; 随着愈伤时间的延长, 荧光区域逐渐扩大, 即软木脂沉积增强。

结果表明, 经复合药剂处理后, 创伤组织中荧光

强度最高,表明软木脂在细胞壁上的沉积程度提高;图 2A 中 25 °C 下处理愈伤至 5 d,损伤外层细胞壁出现不连贯、片段式荧光信号。愈伤 7 d 时,荧光信号增强且连续出现在损伤细胞壁上,表明此时软木脂均匀分布于同层细胞壁上;35 °C 下愈伤时,BABA 结合 NaHCO_3 处理切面相较药剂单独处理,在第 1 天出现轻微的荧光响应,在第 3 天荧光信号变强且为不连续荧光片段,5 d 后荧光强度继续增强、层数增多,软木脂开始在下一层细胞中积累;较空白对照组在损伤细胞壁中提前出现完整一层的细胞荧光响应,此时损伤部位的封闭层形成,损伤切面具有抵抗病原真菌的抗性。

如图 2B 所示,随着愈伤时间延长,山药切面细胞壁上的木质素沉积变多。木质素在细胞壁上积累经染色后呈现紫红色。细胞壁中木质素沉积较软木脂延迟 2~3 d 后产生,温度处理对木质素沉积影响较大。25 °C 下愈伤显色反应出现在第 5 天,颜色较淡,显示木质素开始少量积累在细胞壁上,愈伤至第 7 天,木质素分布于第 1 层伤表皮细胞,但颜色反应较弱;35 °C 处理组木质素积累均提前 2 d,与 25 °C 组差异显著。1 mmol/L BABA 结合 NaHCO_3 复合处理后木质素在最外两层细胞壁上显色,木质素快速合成,分布层数、沉积程度高于其他组 ($P < 0.05$),木质素含量在愈伤期间保持在较高水平 ($P < 0.05$) (图 2C),BABA 处理组次之 ($P < 0.05$), NaHCO_3 处理效果与对照组无明显差异,对愈伤期间木质素含量的变化水平测定结果与其染色结果具有一致性。

综上所述,复合药剂处理较单一药剂处理能更有效促进木质素的积累,木质素在损伤切面上快速大量聚集并分布于细胞壁中,可以增强细胞壁厚度,有效抵抗微生物侵染并控制组织水分损失。

2.3 总酚及黄酮含量的测定

山药愈伤期间,1 mmol/L BABA 结合 NaHCO_3 复合处理后,总酚及黄酮含量水平明显高于其他组 ($P < 0.01$)。如图 3A 所示,总酚含量随着愈伤时间呈上升趋势,BABA 结合 NaHCO_3 复合处理与其他组愈伤前期总酚积累差异明显 ($P < 0.01$),总酚含量在愈伤前期积累水平较高,第 3 天积累量达到最大,愈伤后期积累量趋于平稳,第 7 天各组总酚含量趋于一致。如图 3B 所示,随着愈伤时间的延长,黄酮积累呈现先增加后减少的趋势。提高愈伤温度明显促

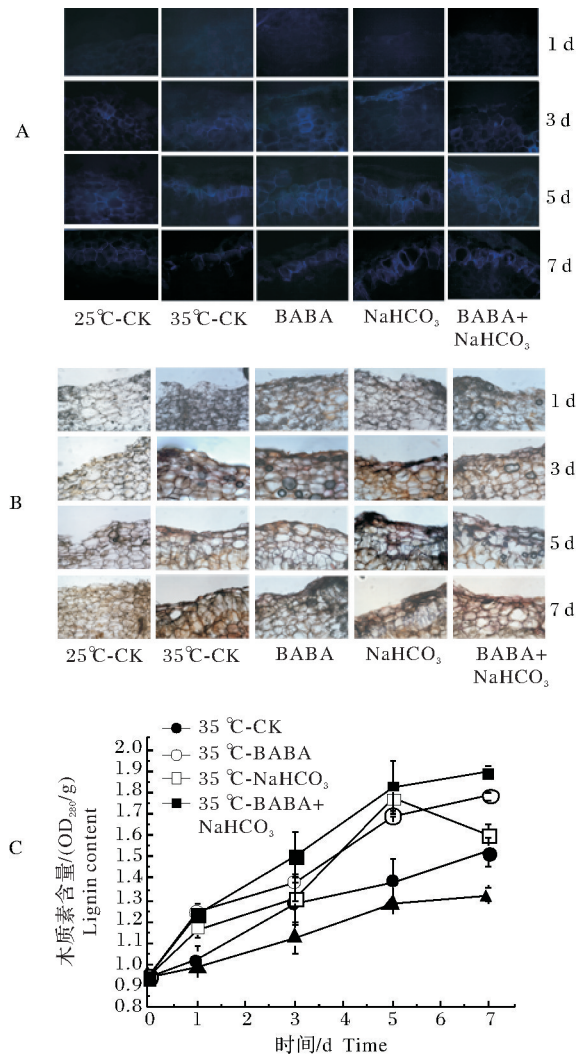


图 2 不同药剂处理后损伤山药 SPP(A)和木质素沉积(B)及木质素含量(C)

Fig.2 Effects of different curing treatments on the SPP(A), accumulation of lignin(B) and the content of lignin(C)

进了黄酮的积累 ($P < 0.01$)。1 mmol/L BABA 结合 NaHCO_3 复合处理组较其他组黄酮的积累量更高 ($P < 0.01$),且在愈伤第 7 天仍保持高水平。表明在愈伤前期,复合处理有效、快速提高了损伤组织积累酚类、黄酮等次生代谢物质的能力,与木质素沉积趋势具有一致性,作为软木脂及木质素合成所需酚前体物质,总酚及黄酮大量积累有助于封闭层的快速形成。

2.4 活性氧代谢产物含量测定

如图 4A 所示,愈伤期间, H_2O_2 的含量逐渐增加,复合处理组在 1 d 后 H_2O_2 的含量迅速增加,与其他处理组差异明显 ($P < 0.01$)。35 °C 下处理组较 25 °C 处理, H_2O_2 的积累明显增多 ($P < 0.01$),BABA、 NaHCO_3 单独处理 H_2O_2 的含量变化差异不大 ($P >$

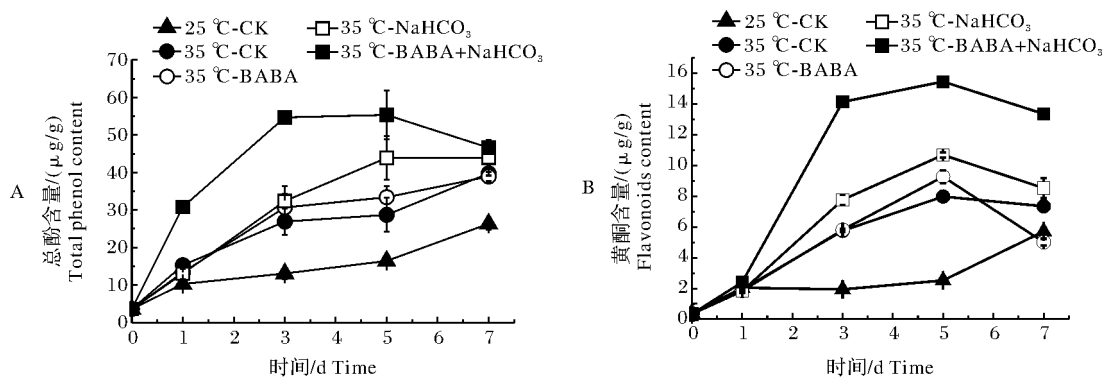


图 3 不同愈伤处理对总酚含量(A)和黄酮含量(B)影响

Fig.3 Effects of different curing treatment on the contents of total phenol (A) and flavonoids(B) at the wounding sites of yams stored for 7 days

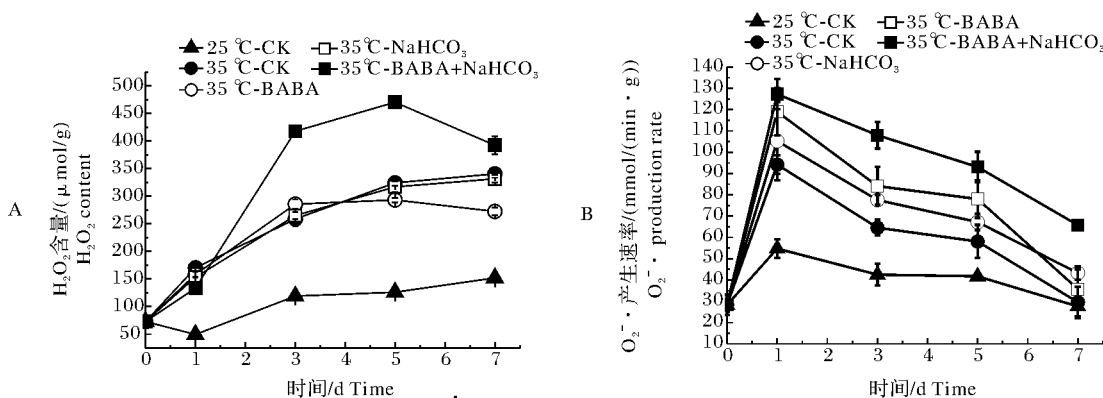


图 4 药剂处理对山药块茎伤口处 H_2O_2 含量(A)和 O_2^- 产生速率(B)的影响

Fig.4 Effects of different curing treatment on the contents of H_2O_2 (A) and O_2^- production rate(B) at the wounding sites of yams stored for 7 days

0.05)。表明复合处理能促进 H_2O_2 在损伤部位大量积累。如图 4B 所示, O_2^- 产生速率呈现出在第 1 天迅速上升、此后开始下降的变化趋势; 药剂处理组 O_2^- 活性与其他组均有明显差异 ($P < 0.01$); 1 mmol/L BABA 结合 $NaHCO_3$ 复合处理后 O_2^- 产生速率愈伤期间高于其他组 ($P < 0.01$)。BABA、 $NaHCO_3$ 单独处理愈伤期间差异不明显 ($P > 0.05$)。表明复合处理能有效提高超氧阴离子的产生速率, 其大量积累与木质素的合成积累相关。

3 讨论

研究表明 BABA 具有诱导植物组织获得广谱抗病性的作用^[14], 并在部分植物/病原菌相互作用中具有特异的诱导抗性^[15]。BABA 诱导植物抗性的机制因植物类型而异, 在没有植物病原菌生物胁迫的情况下, 番茄、辣椒和烟草植株中可能出现与 BABA 相关的 PR 蛋白水平升高^[16]。在十字花科植物中, PR 蛋白水平仅在受病原菌感染的生物胁迫

后才升高^[17]。较低浓度 BABA 更能诱导植物产生对多种病原菌的抗性, 且不影响病原菌菌丝生长^[18]。 $NaHCO_3$ 可与其他化学药剂、生物制剂或者物理方法等结合使用^[19], 用于采后果蔬病害的防治, 在梨、柑橘类、草莓、李子、马铃薯等果蔬病菌防治中均有较多研究应用^[20-21]。本研究结果表明 1 mmol/L BABA 结合 $NaHCO_3$ 处理可能通过激活苯丙烷类代谢途径及氧化爆发, 使损伤山药产生系统获得性抗性; 较高温 35 °C 处理, 复合药剂处理提高了 H_2O_2 产生水平, 刺激伤口周围积累大量苯丙烷代谢末端产物, 山药伤口周围表皮细胞提前栓化形成封闭层, 强化的细胞壁结构能较好地维持损伤组织水分, 抵抗致病菌及虫害侵染, 从而保证采后山药贮藏的品质。

因此, BABA 结合 $NaHCO_3$ 处理改变山药组织生理水平变化不依赖于病原菌的生物胁迫作用, 而是直接诱导损伤山药产生抗病性的能力, 使山药组织表现出较高愈伤效率。1 mmol/L BABA 和

NaHCO₃ 复合处理较 BABA 及 NaHCO₃ 单一药剂处理对机械损伤山药诱抗效果更佳,愈伤期间受病菌侵染后的腐烂程度明显小于其他组。原因可能是一方面通过调节 pH 值,使环境呈弱碱性,抑制了损伤部位病原菌的侵染与生长;另一方面显著提高了苯丙烷代谢途径中次生代谢产物的产生,促进次生代谢产物总酚、类黄酮大量积累,除对病原菌的生长具有一定毒性抑制作用外,也能进一步聚合形成封闭层以隔离病原菌。有研究表明,在马铃薯栓化过程中,精氨酸和亚精胺被胺氧化酶氧化生成 H₂O₂,并促进软木质合成积累,表明栓化过程可能存在多胺代谢途径^[22]。复合药剂处理后损伤山药 H₂O₂ 含量水平大幅提升,除了对致病菌孢子具有抑制作用外,H₂O₂ 参与过氧化物酶介导的酚单体与软木脂的芳香结构氧化偶联^[23],酚类物质在细胞壁上聚合,大量木质素的沉积使木栓层增厚,而加强细胞壁结构。同时,H₂O₂ 的合成有助于平衡防御反应和底物的消耗和诱导果蔬抗病性,防治病害的发生,保证果蔬品质^[24]。复合处理能促进损伤组织提前形成愈伤周皮,提高损伤组织对病菌的抗性,实现果蔬伤口快速愈合。

综上,本研究通过 1 mmol/L BABA 结合 NaHCO₃ 复合处理机械损伤山药,从损伤山药生理变化角度发现,复合药剂处理抑制了山药易感组织表面外源病原菌侵入和发展,同时诱导以苯丙烷代谢途径为主的次生代谢,提高了活性氧代谢水平。通过快速积累大量栓化所需酚类及聚合介质,促进木质素和软木脂合成,修复损伤细胞形成封闭层。强化的栓化组织能显著提高机械损伤山药对病原菌的抗性,降低伤口水分蒸发,从而维持机械损伤山药储藏品质并延长储藏时间。然而 BABA 结合 NaHCO₃ 复合处理诱导山药抗病性及愈伤的深层机制研究不足,其中涉及的具体途径还需要进一步从分子水平上探究,为化学诱抗剂的大规模应用实践提供更多研究理论基础。

参考文献 References

[1] 屠琼芳.不同贮藏方式下山药生理特性和品质变化及鲜切山药保鲜效果的研究[D].郑州:河南农业大学,2009. TU Q F. Studies on changes of physiological characteristics and qualities of yam tubers in different methods of storage and the effects of preservation on fresh-cut yam[D].Zhengzhou:Henan Agricultural University,2009(in Chinese with English abstract).

[2] 姜瑜倩,李喜宏,袁娟,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. JIANG Y Q, LI X H, FU J, et al. Effect of different preservatives on the stor-

age of yams[J]. Food industry science and technology, 2012, 33 (9):402-404(in Chinese with English abstract).

[3] 杨书珍,刘灿,苏小军,等.高温处理对采后山药块茎愈伤和抗病性的影响[J].华中农业大学学报,2019,38(4):113-119. YANG S Z, LIU C, SU X J, et al. Effect of high temperature treatment on the curing process and disease resistance of post-harvest yam tuber [J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2019, 38 (4): 113-119 (in Chinese with English abstract).

[4] ZHANG C F, WANG J M, ZHANG J G, et al. Effects of β -aminobutyric acid on control of postharvest blue mould of apple fruit and its possible mechanisms of action[J]. Postharvest biology and technology, 2011, 61(2):448-457.

[5] COHEN Y. β -Aminobutyric acid induces systemic resistance against *Peronospora tabacina* [J]. Physiological and molecular plant pathology, 1994, 29(3):273-288.

[6] 刘莉,刘霞,包永华.碳酸钠,碳酸氢钠和山梨酸钾对柑橘采后酸腐病菌的抑制作用[J].北方园艺,2011,35(23):145-147. LIU L, LIU X, BAO Y H. Inhibition effects on sour rot of citrus fruits by application of sodium carbonate, sodium bicarbonate and potassium sorbate [J]. Northern horticulture, 2011, 35 (23):145-147(in Chinese with English abstract).

[7] 吴武,朱二,陈兆星,等.碳酸钠在早熟蜜柑采后防腐保鲜中的应用效果[J].保鲜与加工,2014,14(6):9-12. WU W, ZHU E, CHEN Z X, et al. The application of sodium carbonate in the antisepsis and preservation of postharvest early mature *Citrus unshiu* Marc. [J]. Preservation and processing, 2014, 14 (6):9-12.

[8] MARCUCCI E, ALEANDRI M P, CHILOSI G, et al. Induced resistance by β -aminobutyric acid in artichoke against white mould caused by *Sclerotinia sclerotiorum* [J]. Journal of phytopathology, 2010, 158(10):659-667.

[9] 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. LIU C. Preliminary study on mechanism of promoting wound curing of yam tuber treated by temperature and chemical agent[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2018(in Chinese with English abstract).

[10] BAJJI M, HAMDI M 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.

[11] 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 & molecular plant pathology, 1998, 53(4):209-222.

[12] VAN O, QE A, REES D, et al. Sweetpotato cultivars differ in efficiency of wound-healing [J]. Postharvest Biol Technol, 2006, 42(1):65-74.

[13] 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. GE Y H, LI C Y, WANG Y, et al. Effects of sodium silicate dipping on and phenylpropanoid reactive oxygen species metabo-

- lism pathway in apricot fruit [J]. Food industry science and technology, 2014, 35 (13): 317-320 (in Chinese with English abstract).
- [14] 李国林, 陈曦, 郑秀艳, 等. β -氨基丁酸的诱导抗病作用及应用[J]. 食品工业科技, 2017, 38(12): 353-357. LI G L, CHEN X, ZHENG X Y, et al. The application and induce resistance mechanism of β -aminobutyric acid [J]. Food industry science and technology, 2017, 38 (12): 353-357 (in Chinese with English abstract).
- [15] 王静, 王海霞, 田振东. β -氨基丁酸诱导马铃薯对晚疫病的抗性组织化学及信号传导途径分析[J]. 中国农业科学, 2014, 47 (13): 2571-2579. WANG J, WANG H X, TIAN Z D. Histochemical assays and signaling pathway analysis of β -aminobutyric acid induced resistance in potato against *Phytophthora infestans* [J]. Chinese journal of agricultural sciences, 2014, 47 (13): 2571-2579 (in Chinese with English abstract).
- [16] HUANG T, JANDER G, VOS M. Non-protein amino acids in plant defense against insect herbivores: representative cases and opportunities for further functional analysis[J]. Phytochemistry, 2011, 72(13): 1531-1537.
- [17] ZIMMERLI L, JAKAB G, METRAUX J P, et al. Potentiation of pathogen-specific defense mechanisms in Arabidopsis by β -aminobutyric acid[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A., 2000, 97(23): 12920-12925.
- [18] 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]. Agricultural sciences in China, 2010, 9(9): 1372-1380.
- [19] LEE B R, KIM K Y, JUNG W J, et al. Peroxidases and lignification in relation to the intensity of water-deficit stress in white clover (*Trifolium repens* L.) [J]. Journal of experimental botany, 2007, 58(6): 1271-1279.
- [20] 张静荣, 王斌, 姜红, 等. 采后 BTH 处理促进梨果实的愈伤[J]. 食品科学, 2018, 39 (9): 190-195. ZHANG J R, WANG B, JIANG H, et al. Effect of BTH treatments promotes wound healing of pear fruit [J]. Food science, 2018, 39 (9): 190-195 (in Chinese with English abstract).
- [21] 张义刚, 张迎君, 周心智, 等. 不同杀菌剂对塔罗科血橙贮藏效果的影响[J]. 保鲜与加工, 2019, 9(3): 29-31. ZHANG Y J, ZHANG Y G, ZHOU Z Z, et al. Effect of different fungicides on quality of Torocco blood orange during storage [J]. Preservation and processing, 2019, 9(3): 29-31 (in Chinese with English abstract).
- [22] EDWARD C L, LINDA L O, KAREN K F, et al. Inhibitors of tri- and tetra-polyamine oxidation, but not diamine oxidation, impair the initial stages of wound-induced suberization [J/OL]. Journal of plant physiology, 2020, 246/247: 153902 [2020-04-20]. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2019.153902>.
- [23] KUMAR G N M, LULAI E C, SUTTLE J C, et al. Age-induced loss of wound-healing ability in potato tubers is partly regulated by ABA [J]. Planta, 2010, 232(6): 1433-1445.
- [24] 张维, 周会玲, 温晓红, 等. β -氨基丁酸结合壳聚糖处理对苹果采后青霉病及贮藏品质的影响[J]. 食品科学, 2013, 34(12): 320-324. ZHANG W, ZHOU H L, WEN X H, et al. Effect of β -aminobutyric acid combined with chitosan treatment on post-harvest blue mold and storage quality of red Fuji apple [J]. Food science, 2013, 34 (12): 320-324 (in Chinese with English abstract).

Effect of β -aminobutyric acid combined with sodium bicarbonate on callus of yam

LIU Can, PENG Litao, YANG Shuzhen

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

Abstract In order to study the effect of chemical inducers on the curing development and disease resistance of mechanically damaged yam, the mixture of 1 mmol/L BABA and NaHCO_3 was used to treat artificially damaged yam. The callus was cultured at 35 °C for 7 days (RH 85%). The weight loss rate, decay degree, lignin, phenols and superoxide during the callus period were measured to evaluate the effect of curing treatment. The results showed that the combined treatment of BABA and NaHCO_3 significantly reduced the decay degree of damaged yam, promoted the accumulation of lignin and phenolic substances in the wounded site, and significantly increased the content of superoxide. The results showed that the combination of BABA and NaHCO_3 could effectively inhibit the infection of pathogens and promote the rapid formation of wound periderm of yam.

Keywords yam; callus; postharvest storage; β -aminobutyric acid; postharvest damage; phenols; chemical inducers

(责任编辑: 赵琳琳)