

# 荔枝贮藏过程中过氧化物酶的酶学特性及其褐变控制研究

车桂珍

茂名职业技术学院, 广东茂名 525000

**摘要:** 荔枝在贮藏过程中, 极易发生酶促褐变, 其品质和商品价值下降。过氧化物酶是荔枝发生褐变的主要原因之一, 综述通过研究荔枝中过氧化物酶的酶学特性及其酶促褐变控制之间的联系, 旨在寻找抑制荔枝中过氧化物酶的活性、减缓或抑制荔枝酶促褐变的方法, 拟为解决荔枝在贮藏过程中酶促褐变提供理论基础。同时本文探讨了多种控制荔枝酶促褐变技术在荔枝贮藏保鲜、加工护色中的应用, 包括酸处理、热烫处理、涂膜处理、抑制剂浸泡处理、超高压技术处理及气调处理等, 根据这些处理方法的优点及不足, 以期荔枝采后保鲜及深加工护色提供依据。

**关键词:** 荔枝; 过氧化物酶; 酶促褐变; 控制

## 一、前言

荔枝 (*Litchi chinensis* Sonn.) 是我国南方重要的热带水果之一, 以其色艳、肉白、汁多、味佳而著称, 具有很高的食用和医疗保健价值。但其在贮藏和加工过程中容易发生褐变, 导致其品质和商品价值的下降。据报道, 根据果实结构和生理特性, 荔枝果实褐变的原因可分为果皮失水、酶促反应和花色素结构的变化及其相互作用<sup>[1]</sup>。其中, 酶促褐为主要原因, 即酶催化多酚氧化而导致的褐变。

过氧化物酶 (peroxidase, POD, EC1.11.1.1) 能催化过氧化物对酚类物质的氧化, 导致组织褐变。据报道, POD 能促进荔枝褐变进程, POD 活性上升会导致荔枝的褐变度上升<sup>[2]</sup>。研究 POD 的酶学性质对于控制荔枝的酶促褐变具有重要意义, 为荔枝贮藏保鲜及深加工提供理论依据。

## 二、影响荔枝 POD 酶活力的因素

### (一) pH 对荔枝 POD 的影响

pH 作为影响酶活性的因素之一, 对荔枝 POD 酶活性也产生同样的影响, 即随着 pH 的变化, 荔枝 POD 酶活性也会受到相应的变化。宫钦嵌等研究 pH 对荔枝果皮中 POD 酶活性的影响, 发现 pH 从 1~10.5 的范围内, 荔枝果皮 POD 最适 pH 值约为 6.8, 并随着 pH 值下降而下降, 同时也会随着 pH 值上升而急剧下降; 当 pH 大于 9 时, 即无法检测出其活性<sup>[3]</sup>。孔令君等用柠檬酸对荔枝汁进行调酸, 测定不同 pH 值荔枝 POD 酶活性变化, 结果表明: 在 pH3.3~4.8 范围内, 荔枝 POD 残余酶活性均随 pH 值减小而降低, 不同 pH 值间的影响差异达极显著 ( $P<0.01$ ), 提高酸度能显著增加对 POD 酶活性的抑制效果<sup>[4]</sup>。

综上所述, 在低 pH 条件下, POD 的活性低, 可有效降低酶促褐变。故在生产中人们常常通过调

节 pH 维持在偏酸性条件, 从而抑制酶促褐变。

## (二) 温度对荔枝 POD 的影响

类似于 pH 值, 温度对荔枝中 POD 酶活性有重要影响。刘春丽等人在 25~65 °C 范围内分别测定荔枝果皮的 POD 活力, 结果发现荔枝果皮 POD 的最适反应温度为 35 °C, 随着温度升高, 酶活力逐渐下降, 在 65 °C 时酶活力为 30.1%。而荔枝果皮 POD 在 60 °C 以下时很稳定, 40 °C 和 50 °C 有轻微激活作用, 70 °C 后酶活力迅速降低, 90 °C 时不能检测到酶活力<sup>[5]</sup>。

## (三) 不同化合物对荔枝 POD 的影响

不同化合物对荔枝 POD 酶活性有不同影响。庞学群等人研究发现, 0.1 mol/L 的 DTT、AsA 能完全抑制 POD 活性, 而半胱氨酸、柠檬酸、SDS、GSH 及则对 POD 活性有不同程度的抑制作用。NaCl 和在高浓度时有轻微的抑制作用, 但低浓度时有轻微的激活作用。和对 POD 均有激活作用, 特别是在浓度较高时; 而则对 POD 活性无明显影响<sup>[6]</sup>。

# 三、荔枝酶促褐变的控制

## (一) 酸处理

pH 值的变化可以调节植物各种酶的活性, 进而调节细胞代谢。对于荔枝酶促褐变的控制而言, pH 值显得尤为重要, 也就是说可以通过酸处理控制荔枝酶促褐变。

胡位荣等人以怀枝果实为试材, 研究酸处理对新鲜荔枝及冷藏过程中果实的 POD 的影响, 结果表明酸处理可以抑制荔枝果皮的 POD 活性<sup>[7]</sup>。2% 酸、4% 酸、4% 酸 + WD (处理后水清洗) 处理使果实 POD 酶活性分别下降了 28.94%、70.52%、72.26%。冷藏过程中酸处理果实的 POD 酶活性始终低于对照, 特别是在第 35d, 酸处理果实的酶活性只有对照的 1/3 左右。酸处理过程通过改变 pH 值, 控制荔枝贮藏过程中 POD 酶活性, 从而影响其酶促褐变的过程。

## (二) 热烫处理

热烫处理可以钝化酶的活性, 减轻干燥过程中荔枝果壳内花色苷类色素的降解和酚类物质的氧化聚合反应, 可起到护色作用。

唐道邦等人通过实验研究热烫对荔枝热泵干燥过程中果壳褐变物质的影响发现, 热烫处理对荔枝过客中的 POD 钝化效果显著, 热烫后鲜果 POD 活性显著下降; 热烫 90 s 组的果壳 POD 活性明显高于 180 s 组, 热烫 180s 处理对鲜 POD 的钝化优于热烫 90s。结果表明热烫处理在一定程度上控制荔枝的酶促褐变<sup>[8]</sup>。

热烫处理过程在一定程度上抑制荔枝 POD 酶活甚至使其失活, 从而控制荔枝在贮藏过程中的酶促褐变。

## (三) 涂膜处理

涂膜是近年兴起的保鲜方法之一, 选择纯天然、无毒、无害的大分子多糖蛋白类、酯类物质等作为披膜剂, 采用浸渍、涂抹、喷洒等方式涂敷于果实表面, 可以形成一层薄薄的透明被膜, 从而起到保鲜作用。该方法具有成本低廉、工艺简单、安全性高、保鲜效果较好等优点。

疏秀林等通过生物高分子  $\gamma$ -聚谷氨酸涂膜处理对荔枝贮藏保鲜的影响的实验发现,经涂膜保鲜处理的荔枝过氧化物酶活性在果皮褐变过程中变化缓慢,后期略微下降,证明了常温下  $\gamma$ -PGA 涂膜使得过氧化物酶表现较低的活性,可以有效延长荔枝的保鲜期<sup>[9]</sup>。

闫加桐等研究了壳聚糖-蒙脱土复合涂膜对荔枝货架期及品质的影响,发现壳聚糖-蒙脱土涂膜可以有效抑制荔枝 POD 活性,有效延长其货架期<sup>[10]</sup>。

综上所述,涂膜处理对于抑制荔枝酶活性有一定作用,也能控制荔枝贮藏过程中的酶促褐变。

#### (四) 抑制剂浸泡处理

经多位研究人员实验证实,谷胱甘肽和抗坏血酸是 POD 的有效抑制剂。黄略略等采用抑制剂谷胱甘肽对荔枝机型浸泡,浓度为 1 mmol/L,研究结果发现,谷胱甘肽胁迫可以降低 POD 的活性,在浸泡 15 min 之内,随着浸泡时间的延长,POD 的活性显著下降,从而控制酶促褐变<sup>[11]</sup>。可见,谷胱甘肽是较好的无毒副作用的抑制剂,其次是抗坏血酸。在荔枝加工中,用适量的谷胱甘肽、抗坏血酸、亚硫酸盐抑制剂进行处理,都可延迟荔枝褐变。另外,郑诗瑶研究外源原花青素处理对荔枝果实采后褐变及失色影响发现,原花青素处理可以有效抑制荔枝 POD 的活性,延缓荔枝果实发生褐变的进程<sup>[12]</sup>。

#### (五) 超高压处理

超高压加工是新兴的一种冷加工技术,近年来发展十分迅速,在胡草莓、香蕉、菠萝等水果以及橙汁、萝卜汁、西瓜汁等果汁的加工研究中,发现这些水果果肉或果汁经过超高压处理后不仅保鲜期可以延长到半年以上,而且与热加工方法比较,其天然的营养成分、风味以及颜色的褐变等破坏程度很小。这一特性显示出超高压加工在水果加工中的潜在优势。

黄丽等对荔枝汁进行超高压处理,空白对照(0.1 MPa)、经超高压处理(100~500 MPa)的荔枝汁的 POD 活性,结果发现与空白对照相比较,POD 活性随着压力值的上升而逐渐下降,在最大压力 500 MPa 处理下活性下降约 55%<sup>[13]</sup>。该研究表明,超高压加工技术能较好的钝化荔枝果汁中的 POD,同时能较好保持荔枝果汁中的天然营养成分,是荔枝加工的一种很有前景的冷加工技术。

而王欲翠在研究超高压处理对荔枝果肉褐变的影响时发现,超高压处理会激活荔枝中 POD 的活性,加速荔枝果肉的褐变<sup>[14]</sup>。这与黄丽所研究结果并不一致。但在温度协同超高压处理下,当温度高于 28℃ 时,POD 酶活性明显随温度升高而降低。结果表明采用单纯加压方式处理不是一个有效的途径,而采用温度和压力共同处理则有协同增效的作用。

#### (六) 气调包装

气调包装是根据不同食品的特点,通过改变封闭贮藏体系内的气体组分来实现食品保鲜的目的,从而延长食品贮藏期和货架期。它主要分为自发气调(MA)和控制气调(CA)两种方式。

蔡灿军研究不同 MA 包装对荔枝采后贮藏生理的影响时发现,包装贮藏条件下荔枝 POD 酶受到明显抑制,以 0.0035mmPE 组处理效果最佳<sup>[15]</sup>。于茂兰等研究气调包装对荔枝褐变及品质的影响发现,与对照相比,高氧气调包装在整个贮藏期都抑制了 POD 活性,特别是在贮藏的第 9、12 d,其抑制效果显著,说明高氧气调包装一定程度上可以抑制荔枝褐变<sup>[16]</sup>。

气调包装在一定程度上可以抑制荔枝的酶促褐变并延长荔枝贮藏期和货架期,这也说明未来对

于荔枝气调包装保鲜值得进一步探索。

## 四、 结语

荔枝的酶促褐变是一个复杂的体系，不仅仅是过氧化物酶的单一作用，还有其他酶的共同作用，其中多酚氧化酶是促使荔枝发生酶促褐变的另一个重要原因。国内外许多学者很早就开始对植物中多酚氧化酶进行了较为广泛和深入的研究，大多数认为植物中酶促褐变主要是由多酚氧化酶作用引起的，近年来对于过氧化物酶在果蔬采后酶促褐变的生理过程中所起的作用也越来越重视。控制荔枝酶促褐变需要结合这两种主要酶的共同作用及二者的性质差异进行研究，并且主要从控制酚酶和氧两方面入手。另外，上述各种控制酶促褐变的方法都可在一定程度上达到抑制 POD 酶活性、防褐护色的作用，但各种方法均有不同程度的缺陷，至今还没有开发出能长期控制酶促褐变的技术措施，褐变仍是降低荔枝商品价值的主要原因，需要综合考虑各方面因素，进一步开发更为有效的控制酶促褐变的技术。

## 参考文献

- [1] 许晓春, 吴振先, 陈维信, 等. 荔枝果皮褐变机理研究进展 [J]. 保鲜与加工, 2004, 01: 8-10.
- [2] 刘春丽, 杨跃寰. 荔枝果肉贮藏过程中酶促褐变物质的变化规律 [J]. 江苏农业科学, 2011, 39(3): 355-356.
- [3] 官钦崧, 田世平. 荔枝果皮过氧化物酶的纯化与性质研究 (英文) [J]. 生物化学与生物物理进展, 2002, 06: 891-896.
- [4] 孔令君, 蹇华丽, 万丽, 等. 荔枝酒酿造中有机酸及二氧化硫对 PPO 和 POD 的影响 [J]. 食品科技, 2014, 08: 251-254.
- [5] 刘春丽. 荔枝果肉过氧化物酶酶学性质研究 [J]. 西南农业学报, 2012, 02: 424-428.
- [6] 庞学群, 段学武, 张昭其, 等. 荔枝果皮过氧化物酶的纯化及部分酶学性质研究 [J]. 热带亚热带植物学报, 2004, 05: 449-454.
- [7] 胡位荣, 张昭其, 季作梁, 等. 酸处理对采后荔枝果皮色泽与生理活性的影响 [J]. 食品科学, 2004, 07: 176-180.
- [8] 唐道邦, 杨韦杰, 肖更生, 等. 热烫对荔枝热泵干燥过程中果壳褐变物质的影响 [J]. 食品科学, 2013, 14: 22-25.
- [9] 疏秀林, 施庆珊, 冯劲, 等.  $\gamma$ -聚谷氨酸对荔枝常温货架保鲜效果研究 [J]. 食品工业科技, 2012, 21: 318-321+325.
- [10] 闫加桐, 张珩, 王雨柔, 等. 壳聚糖-蒙脱土复合涂膜在常温下对荔枝货架期及品质的影响 (英文) [J]. 海南师范大学学报 (自然科学版), 2021, 34(04): 412-422.
- [11] 黄略略, 乔方, 方长发, 等. 冻干荔枝前处理的酶促褐变控制研究 [J]. 食品工业科技, 2013, 03: 70-73.
- [12] 郑诗瑶. 外源原花青素处理对荔枝果实采后褐变及失色影响的研究 [D]. 海南大学, 2022.



- [13] 黄丽, 孙远明, 潘科, 等. 超高压处理对荔枝果汁品质的影响 [J]. 农业工程学报, 2007, 02: 259-262.
- [14] 王欲翠. 超高压处理对荔枝罐头品质的研究 [D]. 华南农业大学, 2019.
- [15] 蔡灿军. 不同 MA 包装对荔枝采后贮藏生理的影响 [D]. 福建农林大学, 2020.
- [16] 于茂兰, 陈于陇, 徐玉娟, 等. 气调包装对带叶荔枝褐变及品质的影响 [J]. 现代食品科技, 2014, 01: 108-114.

## Enzymatic Characteristics of Peroxidase and Its Browning Control during Litchi Storage

Che Guizhen

Maoming Vocational and Technical College, Maoming, Guangdong 525000

**Abstract:** During the storage process, lychee is prone to enzymatic browning, and its quality and commodity value decrease. Peroxidase is one of the main causes of browning in litchi, and the relationship between the enzymatic characteristics of peroxidase in litchi and its enzymatic browning control was studied, aiming to find a way to inhibit the activity of peroxidase in litchi and slow down or inhibit the enzymatic browning of litchi, so as to provide a theoretical basis for solving the enzymatic browning of litchi during storage. At the same time, this paper discusses the application of various enzymatic browning control technologies in the storage, preservation, processing and color protection of lychee, including acid treatment, hot blanching treatment, coating treatment, inhibitor immersion treatment, ultra-high pressure technology treatment and modified atmosphere treatment, etc., in order to provide a basis for postharvest preservation and deep processing color protection of lychee.

**Keywords:** lychee; Peroxidase; enzymatic browning; control

版权所有 ©2024 本文作者和香港科技出版集团。本作品根据知识共享署名国际许可证 (CC BY 4.0) 获得许可。 <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

