

鲜切生菜贮藏期间产品品质变化及褐变发生规律

项雯慧, 贾瑞芳, 刘 艳

(内蒙古农业大学 农学院, 内蒙古 呼和浩特 010019)

摘 要:为了研究鲜切生菜贮藏期间品质变化和褐变发生的规律及其内在机理,以新鲜圆生菜为试材,经切分处理,置于4℃下贮藏,观测贮藏期间鲜切生菜外观品质、主要营养成分以及与褐变相关的褐变度,苯丙氨酸解氨酶(PAL)、多酚氧化酶(PPO)、过氧化物酶(POD)活性变化规律。结果表明:随着贮藏时间的延长,经过切分处理的鲜切生菜的含水量逐步降低,失重率增大,后期腐烂明显;主要营养成分叶绿素、还原型维生素C(Vc)、可溶性蛋白质含量均出现不同程度的下降;褐变度呈现上升趋势,组织中的PAL活性和总酚含量先升高后逐步下降;PPO活性在整个贮藏时期内呈现出下降趋势,POD活性在贮藏的后期迅速升高。综合分析认为,切分损伤能够诱使PAL活性提高,并促进酶促褐变底物酚类物质的大量积累,通过PPO和POD协同作用,加剧褐变发生;鲜切生菜随贮藏时间延长,其综合品质下降,建议最佳食用期0~3 d,货架期0~8 d。

关键词:鲜切生菜;外观品质;营养品质;酶促褐变

中图分类号:S 636.209⁺.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)01-0148-07

生菜是叶用莴苣的俗称,现已成为欧美国家大众喜爱的蔬菜。生菜传入我国的历史较为悠久,在东南沿海地区的种植居多。鲜切蔬菜从最初的马铃薯发展到如今的胡萝卜、生菜、苹果片、瓜类等诸多品种^[1]。鲜切蔬菜品质分为外观品质和营养品质,外观品质影响货架期,营养品质影响食用价值^[2]。与完整的生菜相比,鲜切生菜在加工贮藏中因其组织结构受到破坏、果蔬汁液外露更加容易发生衰老、营养流失、组织褐变、组织软化或木质化、微生物感染、风味下降等问题,严重影响鲜切果蔬的品质和货架寿命,使商品价值下降,造成大量经济损失^[3-4]。切分对生菜内部组织的损伤及破坏,会引起一连串的生理变化,其中包括产生乙烯、增强呼吸作用、破坏细胞膜、流失水分、降解叶绿素、降低酸含量等^[5]。首先,贮藏过程中的挤压等会造成机械损伤,伤口会

破坏生菜组织细胞本身的完整性,导致一些营养物质伴随着水分而流走^[6-8]。其次,加工过程中的切割操作会引起乙烯的产生、呼吸强度的提高与代谢过程的加快,造成大量的营养物质被消耗^[1]。最后,切割表面的伤口与空气中的氧气直接接触后会使维生素C(Vc)、β-类胡萝卜素部分被氧化而破坏^[9]。此外,在贮藏过程中的环境条件也会直接或间接的导致鲜切生菜营养品质的变化。

褐变是导致鲜切生菜外观和营养品质下降,缩短货架期的主要原因,它不仅影响生菜的美观,同时也影响其风味,往往是生菜腐败、不堪食用的标志。这已成为影响鲜切果蔬产业进一步发展的制约因素。目前,针对鲜切果蔬酶促褐变机理的研究在鲜切莲藕^[10]、鲜切山药^[11]、鲜切甘蓝^[12]等方面有些报道,但是因为果蔬试验材料的差异,特别是酶促褐变的发生具有很大的差异^[13]。鲜切生菜在加工和褐变的发生需要有酚类物质的参与,乙烯会诱导苯丙氨酸解氨酶(PAL)活性,同时增加酚类化合物,多酚氧化酶(PPO)作为主要导致褐变的酶,绝大多数存在于细胞中,PPO引起的反应通常会导致果肉发生褐变,产生异味,并造成营养成分的损失等。在正常生长发育的果蔬组织中,酚类物质、氧气、PPO这3个

第一作者简介:项雯慧(1991-),女,硕士研究生,研究方向为采后生理与贮藏加工。E-mail:youxianmaohappy@163.com.

责任作者:刘艳(1971-),女,博士,教授,硕士生导师,现主要从事采后生理与贮藏加工等研究工作。E-mail:zgnyl@163.com.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(31260403)。

收稿日期:2016-10-11

条件同时存在并不会引起褐变,这可能与组织细胞内酚类物质和 PPO 的区域性有关,也可能是由于在正常的组织内酚类物质分布在细胞的液胞内,而 PPO 则分布在各种质体或细胞质内,正是因为这种区域性的分布让酚类物质与 PPO 不能接触。而当细胞膜的结构发生变化和破坏时,则为酶创造了条件与酚类物质氧化成醌,在一系列的脱水聚合反应后形成黑褐色物质,从而发生褐变^[14]。

伴随着鲜切果蔬市场的迅速扩展,相关的研究^[15]也逐渐增多,主要涉及果蔬生理生化、微生物、贮藏加工、包装、品质变化及评价、生物技术应用、安全质量保证等诸多学科^[16]。但并没有得出一套有效的综合性系统保鲜技术。因此,研究鲜切生菜的褐变发生机理,进而阐明鲜切果蔬在生理生化上的代谢特性,对于果蔬伤害胁迫理论以及生物学研究都有着重要的理论意义,并且对于鲜切果蔬的产业发展奠定理论基础。根据以往的研究,低温条件下有利于减缓和改善蔬菜机械损伤后品质的下降。该试验以生菜为试材,探究鲜切生菜处理后,冷藏条件下蔬菜内各物质的变化规律;综合分析外观品质和营养品质,以及与褐变发生密切相关的 PPO、POD 活性,酚类物质含量等相关指标的测定的变化,分析生菜机械损伤后品质改变的原因,鲜切生菜褐变发生的内在机理及其发生规律,探寻控制褐变发生的途径,为确定最佳食用期和货架期,建立有效的采后加工策略和贮运保鲜措施提供理论依据,对降低经济损失,获得更高的经济利润有重大意义。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试圆生菜(*Lactuca sativa* Linn.)于2015年6月25日购自呼和浩特市东瓦窑菜市场,挑选新鲜且成熟度一致,大小相当,没有病虫害、没有机械损伤的圆生菜立即运回实验室用于试验。

1.2 试验方法

去除圆生菜表面黄叶、坏叶,用清水将生菜表面冲洗干净,蒸馏水淋洗,沥干水分,在自然条件下,用已消毒的锋利不锈钢刀从中线切分,去除菜心,之后将材料均匀切割为宽度0.3~0.5 cm的丝状,混合均匀并随机选取材料,用分析天平准确称重后装入30个不透明食用餐盒,每盒分装90 g,在餐盒上方覆盖保鲜膜,置于4℃保鲜箱中贮藏。在贮藏日开始进行取样,贮藏前4 d,每天取样;之后每隔1 d取样1次,直至试材完全腐烂溃败。每次随机选取3盒,观察记录外部形态指标后将材料液氮速冻,-40℃冰箱

贮存,用于相关生理生化指标测定。

1.3 项目测定

1.3.1 含水量测定 剪取圆生菜样品质量 W_1 ,迅速放入铝盒中并称重 W_2 。放入烘箱中于80℃下烘至恒重(间隔2 h称重,使得2次数值相差不超过0.002 g),烘干后称重为 W_3 。含水量(%)=($W_2 - W_3$)/ $W_1 \times 100$ 。

1.3.2 失水率测定 失重率为样品经过一定天数散失的水分,称取当天样品质量 W_1 ,与该样品第0天的质量 W_2 作比值。失重率(%)= $W_1/W_2 \times 100$ 。

1.3.3 可溶性固形物含量测定 采用折光仪法,称取2.0 g圆生菜样品,放在研钵中研磨,蘸取生菜汁液。利用手持式折光仪测定可溶性固形物含量。

1.3.4 叶绿素含量测定 称取0.5 g圆生菜样品,加入2.0 mL丙酮研磨,收集研磨液后再加入8.0 mL丙酮反复冲洗研钵并收集冲洗液,汇总后再加入离心管中,4 000 r·min⁻¹离心10 min。取上清液,以丙酮作为空白对照,分别在645、663 nm测定吸光度值,计算叶绿素浓度。即: $C_a = 12.72A_{663} - 2.59A_{645}$; $C_b = 22.88A_{645} - 4.67A_{663}$; $C_{总} = C_a + C_b$ 。叶绿素含量(mg·g⁻¹ FW)= $C_{总} \times V/(W \times 1\ 000)$ 。其中, C_a 为叶绿素a浓度(mg·L⁻¹); C_b 为叶绿素b浓度(mg·L⁻¹); $C_{总}$ 为叶绿素总浓度(mg·L⁻¹); V 为提取液总体积(mL); W 为取样鲜质量(g)。

1.3.5 还原型VC含量测定 采用钼蓝比色法测定还原型VC含量,准确称取5.0 g圆生菜样品,加入5.0 mL草酸-EDTA研磨,在4 000 r·min⁻¹离心10 min。取1.0 mL上清液加入0.5 mL偏磷酸-醋酸溶液,1.0 mL 5%硫酸,2.0 mL 5%钼酸铵,摇匀后定容到25 mL容量瓶,以蒸馏水为空白对照,705 nm测定吸光度值。从标准曲线上查出对应的含量,用下式计算样品中还原型VC含量。还原型VC(mg·g⁻¹)= $C \times V_1/W \times V_2$,其中, C 为测定用样液中VC含量(mg·mL⁻¹); V_1 为样液定容总体积(mL); V_2 为测定用样液总体积(mL); W 为样品质量(g)。

1.3.6 蛋白质含量测定 准确称取0.2 g圆生菜样品放入研钵,加5.0 mL磷酸缓冲液研成匀浆,在4 000 r·min⁻¹离心10 min,将上清液倒入10 mL容量瓶中,再向渣中加2.0 mL磷酸缓冲液,4 000 r·min⁻¹离心10 min,合并上清液。另取1支离心管准确加入0.1 mL样品提取液,加入蒸馏水0.9 mL和5.0 mL考马斯亮蓝试剂,放置3 min,测定595 nm吸光度值。根据吸光度值,在标准曲线上查得相应的蛋白质含量。蛋白质含量=查得蛋白质

含量 \times 提取液总体积/(测定时取用提取液体积 \times 样品质量)。

1.3.7 PAL活性测定 称取1 g圆生菜样品,加入5 mL硼酸缓冲液(pH 8.8,内含 $25\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ PVPP、 $2\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ EDTA 和 $5\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 巯基乙醇),冰浴条件下充分研磨,在 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $9\ 000\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 离心10 min,收集上清液并立即用于PAL活性测定。PAL活性反应体系为:pH 8.8的 $50\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 硼酸缓冲液3 mL,粗酶提取液0.5 mL和 $0.02\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 苯丙氨酸0.5 mL。混合后,迅速测定一次该混合液在290 nm吸光度值,作为反应的初始值。然后将反应管置于 $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ 保温30 min,保温结束后立即测定混合液在290 nm吸光度值,作为反应终止值。活性以每小时 A_{290} 变化0.01的酶量为1个酶活力单位表示。

1.3.8 褐变相关酶活性测定 采用分光光度法。酶提取液的制备:称取1.0 g圆生菜样品,加入5 mL 0.5 mol 磷酸缓冲液(pH 6.5,内含 $5\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ PVPP)在冰浴条件下充分研磨,然后于 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$,冷冻离心机 $9\ 000\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 离心35 min。收集上清液并随即测

定活性。PPO酶反应体系为: 0.1 mL 酶提取液加 5 mL 底物($0.02\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 邻苯二酚溶于 $0.05\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ pH 6.5磷酸缓冲液中)。在400 nm测定3 min内吸光度值变化。以1 min上升0.1个吸光度值表示1个酶活力单位。POD酶反应体系为: 0.2 mL 酶提取液加 5 mL $0.05\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 磷酸缓冲液,pH 6.5(内含 $1\text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$ H_2O_2 及 $2\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 对苯二胺)。在485 nm测定3 min内吸光度值变化。以1 min上升0.1个吸光度值表示1个酶活力单位。

2 结果与分析

2.1 鲜切生菜贮藏期间外观品质的变化

2.1.1 外观形态 随着贮藏天数的增加,鲜切生菜外观形态发生变化。贮藏初期(0 d)经切分处理的生菜新鲜柔嫩,叶色呈淡绿黄色,无腐烂和褐变发生;贮藏3 d,鲜切生菜外观良好、新鲜,仅在切口处出现轻微褐变;贮藏6 d,鲜切生菜开始出现轻微萎蔫,切口处褐变面积扩大;贮藏10 d,鲜切生菜萎蔫现象明显,并伴有轻微褶皱,切口部位产生黑色物质,褐变现象严重;贮藏14 d,鲜切生菜已整体萎蔫,褐变严重,且有大面积腐烂。

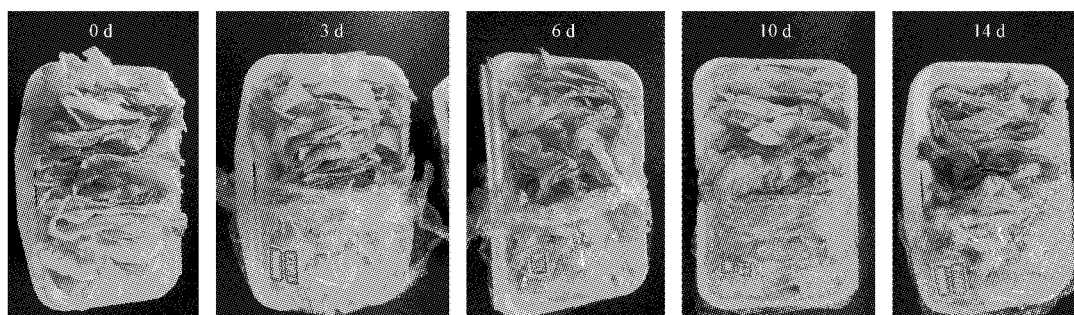


图1 鲜切生菜贮藏期间外观形态的变化

Fig. 1 Changes of appearance of fresh-cut lettuce during storage

2.1.2 含水量与失重率 含水量和失重率是评价生菜外观品质的重要指标之一。由图2可知,随贮

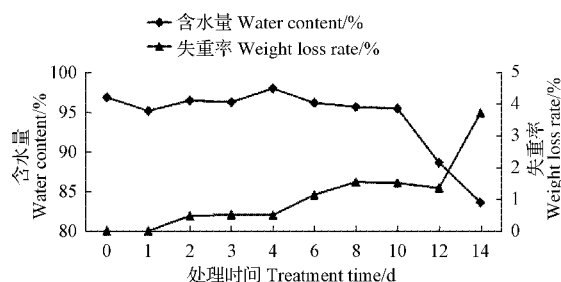


图2 鲜切生菜贮藏期间含水量与失重率的变化

Fig. 2 Changes of water content and the rate of weight loss rate of fresh-cut lettuce during storage

藏天数的延长,鲜切生菜的含水量总体呈现先保持基本不变,后急速下降的趋势。0 d时,含水量最高达到96.8%以上,贮藏0~10 d时含水量无明显变化,基本处于平稳状态,散失的水分极少。贮藏10 d以后,水分散失较多,含水量急剧下降,14 d达到最低值,仅为83.6%。贮藏早期(0~4 d),鲜切生菜失重率变化较为平缓,仅略有升高;贮藏中期(4~8 d)鲜切生菜失重率明显升高,并在8~12 d期间维持平稳状态。在贮藏14 d,失重率迅速增加达3.71%。总之,鲜切生菜贮藏期间含水量与失重率呈大致相反的变化趋势,表明含水量的下降可能是导致失重率增加的原因之一。

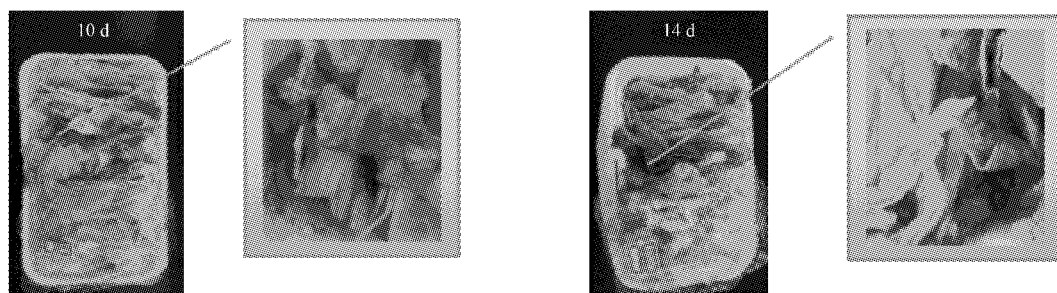


图3 鲜切生菜贮藏期间第10天和第14天腐烂程度对比

Fig. 3 The contrast of decay degree of fresh-cut lettuce at 10 days and 14 days during storage

2.1.3 腐烂率 生菜样品在贮藏前期并没有腐烂的迹象,在第10天后开始出现轻微的腐烂,在第10天时腐烂率为2.58%,在第14天时腐烂率达到14.78%,在4℃条件下贮藏的生菜最多可贮藏10 d,随着天数的增加,腐烂率的增长速度更快(图3)。

2.2 鲜切生菜贮藏期间营养品质的变化

由图4A可知,贮藏期间鲜切生菜中的可溶性

固形物含量呈下降趋势。贮藏0 d可溶性固形物含量最高,达到2.70%;贮藏初期1 d可溶性固形物含量即有所下降,降至2.11%,并维持相对稳定状态至贮藏3 d;贮藏4 d可溶性固形物含量又有明显下降,降至1.51%;之后呈缓慢下降趋势,直至贮藏结束,可溶性固形物含量仅为0.91%。

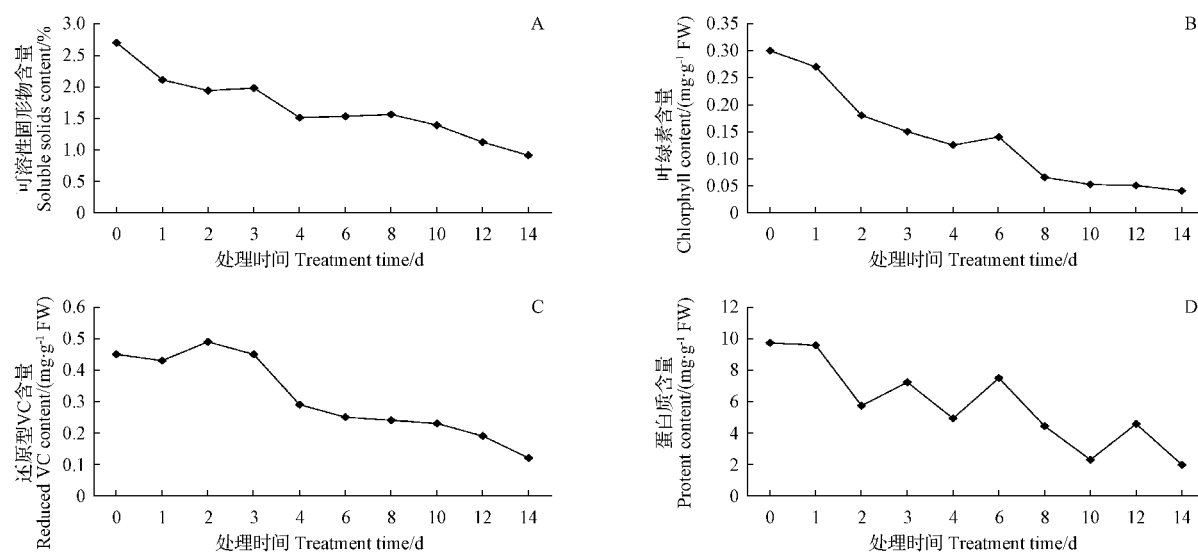


图4 鲜切生菜贮藏期间可溶性固形物、叶绿素、还原型VC、蛋白质含量的变化

Fig. 4 Changes of the contents of soluble solids, chlorophyll, reduced vitamin C and protein of fresh-cut lettuce during storage

叶绿素是植物进行光合作用必不可少的色素,是研究生菜营养状况的重要指标。由图4B可知,贮藏期间,鲜切生菜叶绿素含量呈现下降的趋势,0 d叶绿素含量最高,贮藏初期(0~2 d)叶绿素含量下降迅速;贮藏3~6 d叶绿素含量下降较为缓慢;贮藏6~8 d叶绿素含量又迅速下降,贮藏后期(8~14 d)叶绿素含量呈缓慢下降趋势,在贮藏14 d时为0.04 mg·g⁻¹。

还原型VC含量是影响鲜切生菜营养品质的重要指标。由图4C可知,贮藏初期(0~3 d)鲜切生菜

VC含量相对平稳,且维持较高水平,均值达0.455 mg·g⁻¹;贮藏4 d,还原型VC含量迅速下降,含量为0.29 mg·g⁻¹FW;贮藏中期(4~10 d)变化不是太明显,但仍然有下降的趋势,6 d时还原型VC含量下降到一定量,之后含量减少得较为缓慢。之后(6~14 d)VC含量呈持续缓慢下降趋势,至贮藏14 d,VC含量降至0.12 mg·g⁻¹FW。

由图4D可知,在整个贮藏期间内,鲜切生菜蛋白质含量呈波动下降趋势。0 d含量最高,为

9.73 mg · g⁻¹ FW; 贮藏 2 d, 鲜切生菜蛋白质含量迅速下降, 降至 5.73 mg · g⁻¹ FW, 较贮藏 0 d, 下降了 41.1%; 之后蛋白质含量呈上下波动起伏, 但总体呈下降的变化趋势, 至贮藏结束蛋白质含量仅为 1.97 mg · g⁻¹ FW。

总之, 随着贮藏天数的增加, 可溶性固形物、叶绿素、还原型 VC、蛋白质含量都呈下降趋势。

2.3 鲜切生菜贮藏期间褐变相关活性的变化

2.3.1 PAL 活性的变化 由图 5 可以看出, 在整个贮藏期内, 鲜切生菜中 PAL 活性呈现先上升后下降的趋势, 新鲜切分的生菜组织中 PAL 活性较低, 切分处理后 1 d, PAL 活性就迅速升高, 达 123 U · g⁻¹ FW · h⁻¹, 对 0 d (对照) 增加了 74 U · g⁻¹ FW · h⁻¹; 之后 PAL 活性迅速下降, 贮藏 2~6 d, PAL 活性仅略高于 0 d 对照, 之后 PAL 活性持续缓慢下降, 并保持与对照相当水平直至处理结束。

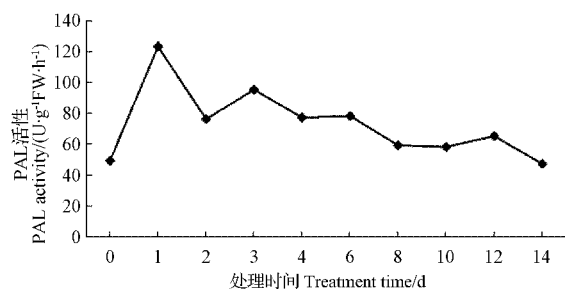


图 5 鲜切生菜贮藏期间 PAL 活性的变化

Fig. 5 Changes of the activity of PAL of fresh-cut lettuce during storage

2.3.2 酶促褐变相关酶活性的变化 多酚氧化酶 (PPO) 作为导致发生酶促褐变的重要酶类之一, 在植物中经常以非活性的状态存在。由图 6 可以看出, 在贮藏期间 PPO 活性呈现下降的趋势, 且在贮藏前期 (0~4 d), PPO 活性降速明显, 贮藏 4 d PPO 活性已降至 92 U · g⁻¹ FW · min⁻¹, 较贮藏 0 d PPO 活性下降了 159 U · g⁻¹ FW · min⁻¹; 在贮藏中、后期 (4~14 d), PPO 活性下降趋势渐缓, 并在第 12 天出现小幅升高。在植物组织中, 过氧化物酶 (POD) 通常与 PPO 协同作用引起鲜切果蔬的酶促褐变。因此 POD 活性高低也被认为是酶促褐变的重要指标。由图 6 可知, POD 活性随着贮藏天数的增加而上升, 但不同贮藏阶段其上升幅度有较大差异。其中在贮藏前期 (0~4 d), POD 活性无明显变化, 呈平稳状态; 贮藏 4 d 后, POD 活性呈持续而明显的升高趋势, 贮藏 12 d 后, POD 活性升高速度明显加快, 至贮藏 14 d, POD 活性达 490 U · g⁻¹ FW · min⁻¹, 较贮

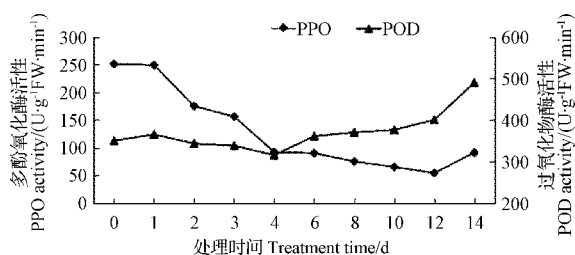


图 6 鲜切生菜贮藏期间 PPO、POD 活性的变化

Fig. 6 Changes of the activities of PPO, POD of fresh-cut lettuce during storage

藏初期 (0 d) 提高 140 U · g⁻¹ FW · min⁻¹。

3 讨论

鲜切生菜贮藏过程中, 内部依然进行着新陈代谢, 例如有机物的分解、水分的散失^[17], 致使其外观品质和营养品质下降, 进而影响经济价值和食用价值。外观形态特征、含水量、失重率、褐变率、腐烂率等指标是确定鲜切生菜外观品质的依据^[18]; 可溶性固形物、叶绿素、还原型 VC、蛋白质等物质含量是衡量鲜切生菜营养品质的重要指标^[19]。综合试验结果分析, 当鲜切生菜贮藏时间在 0~3 d 时, 能维持较高的还原型 VC 含量, 可溶性固形物以及可溶性蛋白质含量仅有小幅下降, 此期生菜具有较高的营养品质。当贮藏 8 d 时, 鲜切生菜仍具有较高的含水量, 外观较为新鲜, 仅有轻微萎蔫和褐变, 无腐烂发生; 但可溶性固形物、可溶性蛋白质、还原型 VC 等营养物质含量均已显著下降, 此期鲜切生菜虽有较高的外观品质但营养品质已大幅降低。贮藏 8 d 后, 随着贮藏时间的延长, 鲜切生菜腐烂加剧, 外观品质和营养品质基本丧失。综合分析认为, 随着贮藏天数的增加, 鲜切生菜的外观品质和营养品质均呈现不同程度的下降, 建议最佳食用期为 0~3 d, 货架期为 0~8 d。

酶促褐变是鲜切果蔬发生褐变的主要方式, 多酚氧化酶和过氧化物酶是参与酶促褐变的 2 种主要酶类。切分使生菜组织细胞的完整性遭到破坏, 液泡中的成分和基质发生混合, PPO 活性被激发, 与多酚类底物及酚类衍生物接触并发生反应, 形成醌类物质^[20], 醌可以参加蛋白质的聚合反应和蛋白质的凝聚反应生成褐色色素。多酚氧化酶的存在可以快速的促进 POD 所调节的褐变反应, 其催化的反应机理是多酚氧化酶在氧化过程中能够生成醌和 H₂O₂, 醌可以作为 POD 的反应底物, POD 在 H₂O₂ 存在前提下可以迅速的氧化多酚类物质, 与 PPO 发生协同

作用进而引起褐变^[21]。有研究显示,以甘薯^[22]、马铃薯^[23]作为试材,鲜切处理后 PPO、POD 活性均逐渐上升。以鲜切菊芋^[24]为试材,POD 活性在整个贮藏过程中呈现先上升然后下降的变化趋势。因此推测酶促褐变的发生程度和催化机理与果蔬的种类有关。该研究中鲜切生菜贮藏加工处理后,PPO 活性呈持续下降趋势,POD 活性呈现缓慢上升趋势。推测鲜切生菜早期褐变发生主要受 PPO 活性调控,后期则主要受 POD 活性调控,二者协同作用促进酶促褐变发生。

已知与酶促褐变紧密联系的酚类底物产生主要是通过苯丙烷类代谢途径合成,PAL 是这一途径的关键酶。通常植物遭受机械损伤后,会启动相应防御系统,于此相关的苯丙烷类代谢途径被激活,进而 PAL 活性提高并催化产生更多酚类物质以促进伤口愈合并减轻病菌侵害。大量的酚类物质被合成以后,它也会通过反馈来抑制 PAL 活性。在整个贮藏期间 PAL 活性呈先迅速升高而后持续缓慢下降的趋势。这与以鲜切牛蒡^[25]和茎菜类的鲜切莲藕^[12]作为试材的研究结果基本一致。又有研究表明,鲜切果蔬遭受切分损伤或逆境胁迫后,一般会促进 PAL 基因表达的增加,进而提高 PAL 活性^[26]。推测,该研究中鲜切生菜 PAL 活性先迅速升高后降低可能与处理前期切割伤害激活 PAL 基因表达,PAL 活性提高;而后期 PAL 活性降低可能受酚类物质的反馈抑制调节。

以生菜为代表,鲜切果蔬在受到机械伤害后的响应除了褐变所引起的各种酶类物质的变化外,还存在外源调节剂、环境条件等的调控。对于褐变机理的研究,不同种类品种间存在较大差异,对不同果蔬褐变作用机理的深入研究还有许多的未知领域,通过相关研究,对于实际中建立现代加工贮藏措施,采用更好的调控手段,提升鲜切果蔬的品质,具有重要意义。该研究中促使鲜切生菜酶促褐变发生既有 PAL 催化的酚类物质积累参与,同时又受 PPO、POD 活性调控,因此,在鲜切生菜加工贮藏中如何抑制或降低上述活性是减轻褐变发生的有效途径。

参考文献

- [1] 曾文兵.可食性复合涂膜保鲜剂对延长鲜切苹果货架期的研究[J].食品科学,2006,27(2):262-265.
- [2] 马玉荣,MIKAL S,王庆国.鲜切生菜伤害信号的初步研究[J].中国农学通报,2010(22):165-169.
- [3] 王俊宁,饶景萍,任小林,等.切割蔬菜加工与贮藏的研究进展[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2002,30(1):141-144.
- [4] 丁莹,梁颖,刘贤金.鲜切果蔬安全管理体系探究[J].江苏农业

科学,2014(7):301-303.

- [5] RICO D, MARTIN-DIANA A B, BARAT J M, et al. Extending and measuring the quality of fresh cut fruit and vegetables; a review[J]. Trends in Food Science and Technology, 2007, 18(7): 373-386.
- [6] 李亚慧,吕恩利,陆华忠,等.鲜切果蔬包装技术研究进展[J].食品工业科技,2014(16):344-348.
- [7] WATADA A E, ABE K, YAMUCHI M. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables[J]. Food Technology, 1990 (44): 116-122.
- [8] 齐正,李保国,孟祥,等.鲜切蔬菜加工保鲜与冷藏链[J].食品科技,2009,31(9):259-262.
- [9] 张立奎,陆兆新,郁志芳.臭氧水处理鲜切生菜贮藏期间的品质变化[J].食品与发酵工业,2004,30(3):128-131.
- [10] 仇立亚,范明红,李启明,等.莲藕贮藏期间褐变生理的比较研究[J].食品科技,2008(7):231-234.
- [11] 郁志芳,彭贵霞,夏志华,等.鲜切山药酶促褐变机理的研究[J].食品科学,2003,24(5):44-49.
- [12] 陈洁,王冠岳,王春,等.鲜切甘蓝保鲜工艺的研究[J].保鲜与加工,2008,47(4):23-26.
- [13] 陈言楷,陆东和.切割果蔬保鲜研究现状及发展趋势[J].东南园艺,2003(1):24-27.
- [14] 梁锦丽.影响鲜切果蔬品质的因素及其保鲜技术[J].保鲜与加工,2007(2):8-10.
- [15] ROCHA A M C N, MORALS A M M B. Polyphenoloxidase activity and total phenolic content as related to browning of minimally processed 'Jonagored' apple[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2002, 82(1): 120-126.
- [16] 高晗,司俊娜,高愿军,等.鲜切茼蒿保鲜技术研究[J].中国农学通报,2008,24(2):115-120.
- [17] 杨巍,丁绍文,董文轩.鲜切苹果品质变化规律研究[J].落叶果树,2008(3):25-27.
- [18] MARTIN-DIANA A B, RICO D, BARRY-RYAN C, et al. Efficacy of steamer jet-injection as alternative to chlorine in fresh-cut lettuce[J]. Postharvest Biology and Technology, 2007, 45(1): 97-107.
- [19] 鲁莉莎,乔勇进,段丹萍.热处理对鲜切生菜生理生化品质的影响[J].江西农业大学学报,2010,32(3):451-457.
- [20] 江力,袁怀波,周强,等.底物和产物对鲜切山药苯丙氨酸解氨活性的影响[J].食品科学,2007,28(10):35-38.
- [21] PUTTER J. Methods of enzymatic analysis[M]. New York:Academy Press,1974:685-689.
- [22] 郁志芳,夏志华,陆兆新.鲜切甘薯酶促褐变机理的研究[J].食品科学,2005(5):54-59.
- [23] 张兵兵.鲜切马铃薯品质保持技术的探讨[D].泰安:山东农业大学,2010.
- [24] 冯大伟,张洪霞,刘广洋,等.不同贮藏温度下菊芋块茎菊粉含量及相关酶活性的变化研究[J].食品科技,2013(8):80-85.
- [25] 王静,徐为民,诸永志,等.贮藏温度对鲜切牛蒡褐变的影响[J].江苏农业学报,2008(4):492-496.
- [26] HEATH R L, PACKER L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation[J]. Archives of Biochemistry and Biophysics, 1968, 125(1): 189-198.

Changes of Product Quality and Occurrence Regularity of Browning of Fresh-cut Lettuce During Storage

XIANG Wenhui, JIA Ruifang, LIU Yan

(College of Agronomy, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010019)

Abstract: In order to study the regulation and internal mechanism about changes of product quality and occurrence of browning of fresh cut lettuce during storage, taking fresh lettuce circle as test materials by slicing process, placed in 4 °C storage, the regulation of appearance quality, main nutrients, degree of browning related to browning and the activities of phenylalanine ammonia lyase (PAL), polyphenol oxidase (PPO), peroxidase (POD) of fresh cut lettuce during storage were observed. The results showed that along with the storage time extension during the storage time, the water content of fresh cut lettuce gradually decreased, the weight-loss ratio increased, and the late decay was obvious. The main nutritional components including chlorophyll, reduced vitamin C (VC) and the content of soluble protein decreased to some extent. The degree of browning showed a rising trend, and the activity of PAL and the content of total phenol in the tissue increased at first, and then gradually declined. The activity of PPO was decreased throughout whole storage period, and the activity of POD increased rapidly during later period. After a comprehensive analysis, the segmentation damage improved the activity of PAL, and promoted the accumulation of a large number of phenols browning substrates. And the synergistic effect of PPO and POD increased browning. The comprehensive quality of fresh cut lettuce decreased along with the extension of storage time, so the best edible period was 0—3 days and the selling period was 0—8 days.

Keywords: fresh-cut lettuce; appearance quality; nutritional quality; enzymatic browning

生菜的贮运

知识窗

1. 贮藏特性

生菜含水量高,组织脆嫩,冰点为-0.2 °C,易受冻害。贮藏温度以0~3 °C为宜,相对湿度应在98%以上。在常温下只能保存1~2 d。

2. 贮运方法

1) 简易贮藏。生菜采后呼吸代谢旺盛,需及时预冷至1 °C,然后装入薄膜中,不要密封,进入冷库在适温下可贮10~15 d。生菜不能与苹果、梨、瓜类等混合贮藏,因这些蔬果产生的乙烯气体较多,会使生菜叶片产生锈斑。

2) 假植贮藏。白天气温在0 °C以上的时候,可将露地栽培的生菜连根拔起,稍晾后使叶片稍蔫,以减少机械伤。第2天就可围入阳畦内假植。散叶生菜一棵挨一棵围入;结球生菜株间应稍留空隙通风。用土埋实,不浇水。隔15~20 d检查一次,发现黄中、烂叶及时清除。白天支棚通风,夜间半盖或全盖,使其不受冻害、不受热,又不能让阳光直射。散叶生菜可贮一个月左右;结球生菜可贮10 d左右。

3) 运输生菜鲜嫩易腐,不宜长途运输。中短途运输也需要先预冷。运输时间在1~2 d以内时,要求运输环境温度为0~6 °C;运输时间为2~3 d时,应保持0~2 °C。

(摘自:中国农业技术网)