

热处理对鲜切生菜生理生化品质的影响

鲁莉莎^{1,2}, 乔勇进^{2*}, 段丹萍^{1,2}

(1. 上海理工大学 医疗器械与食品学院, 上海 200093; 2. 上海市农业科学院 农产品保鲜加工研究中心, 上海 201106)

摘要:采用 35, 45, 55 的热水分别处理鲜切生菜 1, 2, 3 min, 研究 4 湿度 85% ~ 95% 贮藏条件下 11 d 内, 不同温度不同时间的热处理对鲜切生菜呼吸速率、含水量、V_C、叶绿素含量、褐变潜力、多酚氧化酶 (PPO) 活性及感官品质的影响。结果表明, 所有热处理 (除 55 2 min, 3 min 外) 均能不同程度地延缓水分、V_C、叶绿素含量的下降, 抑制呼吸速率及 PPO 活性, 维持较低的褐变潜力, 保持较好的感官品质。至贮藏期第 11 d, 55 1 min 热处理的鲜切生菜的呼吸速率仅为 (CO₂) 270.43 mg/(kg·h), 含水量仍高达 96.77%; 以鲜重计 V_C 含量为 5.81 mg/g, 叶绿素含量为 1.34 mg/g, 显著 (P < 0.05) 高于其他处理; 褐变潜力和 PPO 活性保持在较低水平, 分别为 0.098 UA/g 和 16.19 U/kg; 感官品质仍有 7.67 分, 具有良好的商品价值。45 3 min 和 35 3 min 热处理对保持鲜切生菜的品质也具有一定作用, 但作用效果次于 55 1 min; 而 55 2 min, 3 min 热处理会对鲜切生菜造成伤害, 加速腐败进程, 不适于鲜切生菜保鲜, 即以 55 1 min 热处理鲜切生菜的生理品质及保鲜效果较好。

关键词:鲜切生菜; 热处理; 生理生化; 褐变潜力

中图分类号: TS255.36 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000 - 2286(2010)03 - 0451 - 07

Effect of Hot Water Treatment on Physiological and Biochemical Quality of Fresh-cut Lettuce

LU Li-sha^{1,2}, QIAO Yong-jin^{2*}, DUAN Dan-ping^{1,2}

(1. Department of Food Science, School of Medical Instrument and Food Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai, 200093, China; 2. Agricultural Products Storage and Processings Research Center, Shanghai Academy of Agricultural Science, Shanghai 201106, China)

Abstract: The effect of mild hot water treatment on some properties of fresh-cut lettuce during storage at 4 for 11 days was determined. The fresh-cut lettuce was immersed in heated water (35, 45, 55) for 1, 2, 3 min respectively. Markers of quality retention: respiration rate, water, V_C and chlorophyll content, potential browning, PPO activity and sensory quality were analysed during storage. All hot water treatments (except 55 2, 3 min) can control the decline of water content, maintain low respiration rate and high V_C content, sensory quality and delay the occurrence of browning to some extent. In the storage period of eleven days, 55 1 min hot water treatment for fresh-cut lettuce maintained the highest water, V_C and chlorophyll contents which were 96.77%, 5.81 mg/g (FW) and 1.34 mg/g (FW) respectively, and it had low respiration rate, potential browning and PPO activity, the sensory quality was still 7.67 points. But the use of long period of high-temperature treatment (55 2, 3 min) showed a negative effect on fresh-cut lettuce.

收稿日期: 2010 - 03 - 03 修回日期: 2010 - 04 - 26

基金项目: 上海市国际科技合作基金项目 (073907003)

作者简介: 鲁莉莎 (1985 -), 女, 硕士生, 主要从事鲜切果蔬生理生化品质及其保鲜技术研究, E-mail: lsok3008@sina.com;

* 通讯作者: 乔勇进, 研究员, 博士, E-mail: yjqiao2002@sohu.com.

Therefore, fresh - cut lettuce could keep the physiological quality and fresh - keeping effect at the state under 55 1 min hot water treatment

Key words: fresh - cut lettuce; hot water treatment; physiological quality; potential browning

鲜切生菜是指将新鲜生菜经冲洗、切割、保鲜处理、包装等步骤加工后,直接销售或食用的新形式蔬菜。由于其新鲜、卫生、方便等特点,深受广大消费者喜爱。但是,生菜经切割处理后,由于在加工过程中受到机械损伤,容易发生脱水,贮藏期间又极易褐变,影响其商业价值。因此,有必要采取方法对鲜切生菜的褐变进行抑制。实验证明,苯甲酸、氯化钙、过氧化氢、抗坏血酸、柠檬酸等化学保鲜剂能够减缓鲜切生菜褐变与腐烂的发展速度,保持感官品质^[1]。但是,现在人们越来越关注食品安全问题,而化学药剂的残留可能会对人体健康及环境造成伤害。因此,有必要寻找出一种既安全又能提高鲜切生菜品质的保鲜技术。研究表明,热处理能抑制果蔬微生物生长,减少营养物质的损失,降低 PPO 活性,并有保绿作用,是一种无化学残留、安全性高、简便有效、节能、低成本的保鲜技术^[2]。常用的热处理有热空气处理,蒸汽喷淋及热水处理。据田密霞等^[3]研究,热处理能够明显抑制鲜切梨果实 PPO 活性,降低呼吸强度,抑制果实褐变,保持鲜切梨果实的颜色,延缓其生理生化过程。Daniel Rico 等^[4]对鲜切生菜热蒸汽处理进行研究,并取得较好保鲜效果。但热蒸汽处理需要热水喷淋装置,控制较复杂,而热水处理的操作就较为简单。目前,热水处理对鲜切生菜贮藏期间生理生化品质的影响鲜有报道。本文针对鲜切生菜易褐变等问题,采用不同温度的热水处理鲜切生菜,并在 4 ℃ 下贮藏,研究贮藏期间其生理生化品质变化,旨在探求热处理鲜切生菜的最佳处理参数,提高鲜切生菜品质,延长其货架期。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试生菜为长叶生菜 (*Lactuca sativa* L.),购于上海闵行区华漕镇当地农户,早上采收后立即运回上海市农业科学院农产品保鲜加工研究中心冷库中预冷至 4 ℃。挑选新鲜、无虫害及损伤、大小一致(单颗质量约 350 g)的生菜用于试验;切割用刀为已消毒的锋利的不锈钢刀;包装材料为长 × 宽 = 200 mm × 300 mm、厚 35 μm 的 OPP 袋;用蒸馏水进行热水处理。

1.2 试验方法

根据热处理的温度及时间,试验共设 10 个处理:将鲜切生菜在 35, 45, 55 ℃ 的热水中分别浸泡 1, 2, 3 min,对照则是将鲜切生菜在 20 ℃ 蒸馏水中浸泡 1 min。每处理 500 g,设 5 个重复。

热处理鲜切生菜工艺流程:新鲜生菜 预冷至 4 ℃ 去除表面黄叶坏叶及菜心 清洗 切割(约 1.5 cm 宽) 保鲜处理 沥干 包装(200 mm × 300 mm,厚 35 μm 的 OPP 袋,每袋装约 100 g) 贮藏 [(4 ± 0.5) ℃,湿度 85% ~ 95%] 每隔 1 d 取 1 次样进行指标测定。

1.3 主要仪器及设备

HwA24 电热恒温水浴锅,上海一恒科技有限公司;D37520 Osterode 高速冷冻离心机,德国 Biofuge 公司;Ultrospec 3300 pro 紫外分光光度计,美国安马西亚公司;DHG - 9240A 型电热恒温鼓风干燥箱,上海一恒科技有限公司;TES - 1370 非色散式 CO₂ 气体测试计台湾泰仕 TES 公司。

1.4 测定方法

1.4.1 呼吸速率 室温 25 ℃ 条件下,将鲜切生菜置于密闭容器中,通过台湾产 TES - 1370 非色散式 CO₂ 气体测试计测定一定时间段内 CO₂ 浓度的改变量。

1.4.2 含水量 将鲜切生菜在 120 ℃ 烘箱中烘干至恒重,含水量 = (初始重量 - 烘干后重量) / 初始重量 × 100%。

1.4.3 V_C 含量 2,6 - 二氯酚法^[5]测定。

1.4.4 叶绿素含量 分光光度法^[5]测定。准确称取 0.2 g 生菜叶子与研钵中用少量石英砂及 2 ~ 3 mL (乙醇) = 95% 研磨成匀浆,再加 10 mL (乙醇) = 95% 研磨至组织变白。静置 3 ~ 5 min 后将匀浆过滤至 25 mL 棕色容量瓶中并定容。以 (乙醇) = 95% 为对照,将叶绿素提取液分别在 665 nm、649 nm 处测吸光度。

1.4.5 褐变潜力 参照 Vina 和 Chaves^[6]的方法加以改善。将 10 g 冻样生菜 (-20 ℃ 冻存) 用 25 mL (乙醇) = 95% 研磨成匀浆, 在室温下静置 60 min 后于 10 ℃ 冷冻离心机 9 000 ×g 离心 10 min, 以 (乙醇) = 95% 为对照, 取上清液在 320 nm 处测定吸光值 (结果以每克鲜切生菜的吸光值表示)。

1.4.6 PPO 酶测定 分光光度法, 参照 Galeazzi Tan 和 Harris^[7-8]的方法。(1) 酶提取液的制备: 10 g 生菜加 20 mL 0.5 mol/L 磷酸缓冲液 (pH 6.5, 内含 5 g/L PVP) 冰浴研磨, 再在 4 ℃ 冷冻离心机 9 000 ×g 离心 35 min, 取上清液测定酶活性。

(2) 测定方法。PPO 酶反应体系为: 0.1 mL 酶提取液加 2.9 mL 底物 (0.02 mol/L 邻苯二酚溶于 0.05 mol/L pH 6.5 的磷酸缓冲液中)。在 400 nm 处测定 3 min 内吸光值变化, 以每分钟上升 0.1 个吸光值表示 1 个酶活力单位。

1.4.7 感官质量评定 数字化评分方法^[9]: 9分: 品质完好, 生菜丝新鲜脆嫩, 无褐变腐烂; 7分: 品质较好, 生菜丝颜色轻微黯淡, 无褐变腐烂; 5分: 商品界线, 生菜丝稍显黄, 切口出现肉眼可见的极轻微的褐变, 无腐烂, 可食; 3分: 品质较坏, 生菜丝局部褐变, 稍有腐烂, 不可食; 1分: 完全坏掉, 生菜丝褐变腐烂都很严重, 不可食。

1.5 数据分析

采用 SPSS13.0 软件对数据进行分析。

2 结果与分析

在热处理过程中, 55 ℃ 热处理鲜切生菜 2 min、3 min 后, 生菜叶子有被烫伤的现象, 放置几分钟后叶梗迅速软化, 叶子萎蔫。因此, 这 2 种参数的热处理不适于鲜切生菜保鲜。

2.1 热处理对鲜切生菜呼吸强度的影响

如图 1 所示, 整个 11 d 的贮藏期间, 鲜切生菜共出现 2 次呼吸高峰。第 1 次呼吸高峰为第 1 d, 所有处理鲜切生菜的呼吸强度均达到最大值, 再于第 3 d 降到初始水平, 接着继续缓慢上升; 在第 7 d 达到第 2 个峰值, 然后再缓慢下降。从图 1 可以看出, 热处理在一定程度上能够抑制鲜切生菜的呼吸强度, 45 ℃ 3 min 和 55 ℃ 1 min 处理的呼吸速率一直显著低于对照及其他处理。在 2 次的呼吸高峰中, 对照的峰值最高, 55 ℃ 1 min 处理的峰值最低, 其次为 45 ℃ 3 min。

2.2 热处理对鲜切生菜含水量的影响

生菜是一类含水量很高的蔬菜, 新鲜生菜的含水量高达 97% ~ 98%。生菜经切割处理后产生伤口, 细胞被破坏导致营养物质及水分外流, 在伤口表面形成干萎现象, 直接影响外观及清脆的口感。如图 2 所示, 整个贮藏期间, 鲜切生菜含水量的变化并不大, 但热处理能显

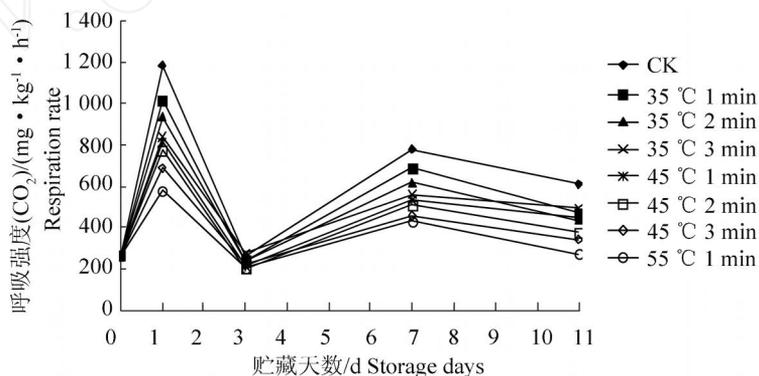


图 1 热处理对鲜切生菜呼吸强度的影响

Fig 1 Effects of hot water treatment on respiration rate of fresh-cut lettuce

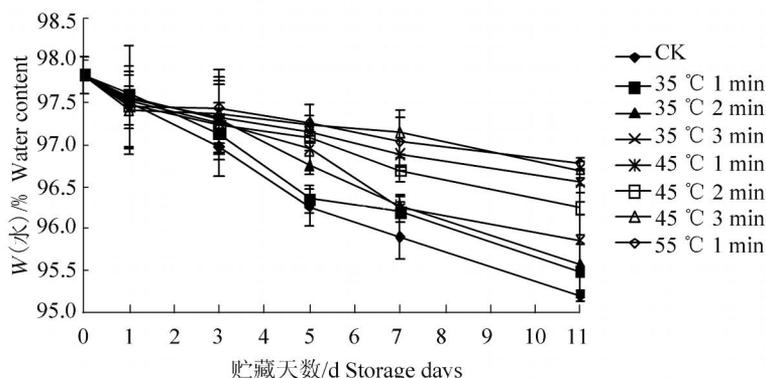


图 2 热处理对鲜切生菜 (以鲜质量计) 含水量的影响

Fig 2 Effects of hot water treatment on water content of fresh-cut lettuce

著 ($P < 0.05$)降低鲜切生菜的水分损失,其中以 35 °C 3 min、45 °C 3 min及 55 °C 1 min处理效果最佳,从第 7 d开始,水分损失显著 ($P < 0.05$)低于其他处理及对照。据 Ryall和 Lipton (1972)^[4]研究,大于 5%的水分损失会造成鲜切生菜组织损坏从而不被消费者接受。而本试验 11 d的贮藏期间内,所有处理的鲜切生菜的水分损失均低于 5%。

2.3 热处理对鲜切生菜 Vc 含量的影响

Vc是衡量果蔬营养价值的一个重要指标,是生菜中重要的抗氧化物质。由图 3可以看出,随着贮藏时间的延长,鲜切生菜的 Vc 含量呈下降趋势,这是由于 Vc 被氧化的结果。所有热处理的鲜切生菜 Vc 含量下降均较对照缓慢。从贮藏第 5 d开始,35 °C 3 min、45 °C 3 min、55 °C 1 min的热处理的鲜切生菜 Vc 含量显著 ($P < 0.05$)高于对照及其他处理。而 4 条件下 11 d的贮藏期内,对照的 Vc 含量从 9.85 mg/(100 g)下降至 3.93 mg/(100 g),35 °C 3 min、45 °C 3 min,热处理的 Vc 含量分别降至 5.19 mg/(100 g)、5.51 mg/(100 g),而 55 °C 1 min热处理的 Vc 含量高达 5.81 mg/(100 g),均极显著 ($P < 0.01$)高于其对照。

2.4 热处理对鲜切生菜总叶绿素含量的影响

叶绿素是与果蔬采后商品性状密切相关的重要色素,绿色蔬菜的黄化是其衰老的显著标志之一。绿叶蔬菜贮藏时,因其显绿色的叶绿素很不稳定,易生成脱镁叶绿素,而变成黄色以至褐色,影响了绿色蔬菜原有的外观,失去了其原来的食用价值和商业价值^[10]。如图 4所示,热处理对鲜切生菜总叶绿素的降解有抑制作用。在贮藏期前 7 d,对照的总叶绿素降解速率显著 ($P < 0.05$)高于处理组,而之后降解速率减慢可能是对照的总叶绿素含量已很低的缘故。从第 5 d起,55 °C 1 min及 45 °C 3 min热处理鲜切生菜的总叶绿素含量显著高于 ($P < 0.05$)其他处理及对照,尤以 55 °C 1 min效果最佳。到第 11 d为止,对照的总叶绿素降解率达到 61.6%,而 55 °C 1 min处理仅为 42.9%。

2.5 热处理对鲜切生菜褐变潜力的影响

从图 5可以看出,热处理过的所有鲜切生菜的褐变潜力从第 1 d开始到第 7 d均显著 ($P < 0.05$)低于对照,说明热处理能显著抑制鲜切生菜的褐变潜力,延迟褐变的发生,其中以 55 °C 1 min处理效果最

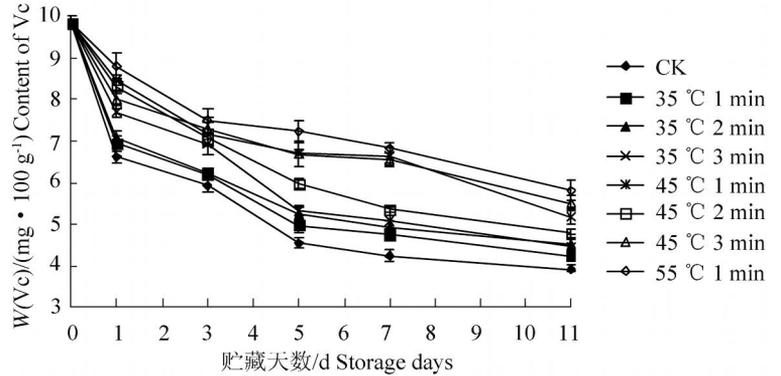


图 3 热处理对鲜切生菜 (以鲜质量计) Vc 含量的影响

Fig 3 Effects of hot water treatment on Vc content of fresh - cut lettuce (FW)

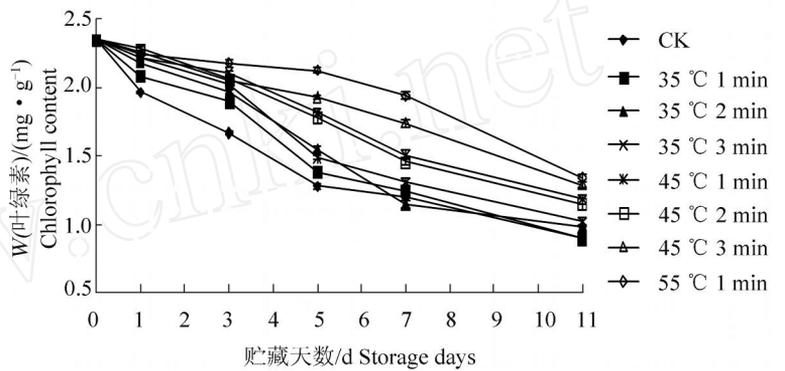


图 4 热处理对鲜切生菜 (以鲜质量计) 叶绿素含量的影响

Fig 4 Effects of hot water treatment on chlorophyll content of fresh - cut lettuce (FW)

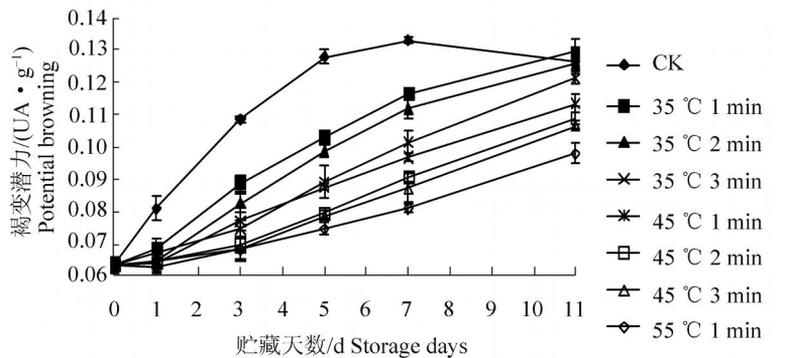


图 5 热处理对鲜切生菜褐变潜力的影响

Fig 5 Effects of hot water treatment on potential browning of fresh - cut lettuce

佳,其次为 45 °C 3 min。在 11 d 的贮藏期间内,除对照外,所有鲜切生菜的褐变潜力均呈上升趋势,而对照的褐变潜力从第 7 d 后开始下降,这可能是由于对照已到贮藏后期,参与褐变的底物减少,这与对照 PPO 活性在第 7 d 急剧下降相符。

2.6 热处理对鲜切生菜 PPO 活性的影响

从图 6 可以看出,生菜的 PPO 活性在切割后迅速增加,到第 1 d 达到最高峰,这可能是因为切割破坏了生菜细胞,释放出参与褐变反应的底物,加快 PPO 反应速度。各处理 PPO 活性的峰值高低不一样,其中对照的峰值最高,55 °C 1 min 的热处理的峰值最低。在贮藏期前 7 d,所有热处理鲜切生菜的 PPO 活性均显著低于对照,而之后 4 d,对照的 PPO 活性急剧下降,这可能是由于对照的鲜切生菜已处于贮藏后期,开始腐烂,参与褐变反应的底物减少。由图 6 可见,热处理对鲜切生菜 PPO 活性的抑制作用随着处理温度的增加而增强,其中以 55 °C 1 min 的抑制作用最佳,从第 1 d 起其 PPO 活性就显著 ($P < 0.05$) 低于其他处理,其次为 45 °C 3 min。

PPO 是果蔬发生酶促褐变的主要酶,它与多酚类底物及酚类衍生物反应,导致褐变^[11]。热处理能够抑制 PPO 活性的原因在于热能够使作为蛋白质的酶失活,从而抑制鲜切生菜的褐变。

2.7 热处理对鲜切生菜感官品质的影响

鲜切生菜的感官品质直接影响其商业价值。从表 1 可以看出,贮藏至第 11 d,除对照和 35 °C 1 min 热处理外,其他处理的感官评分均大于 5 分,仍具有商业价值。其中,55 °C 1 min 热处理的感官品质最好,其次为 35 °C 3 min 和 45 °C 3 min。从表 1 还可以看出,温度太低或处理时间太短(如 35 °C 1 min),不能有效控制鲜切生菜的褐变,从而导致感官品质下降。

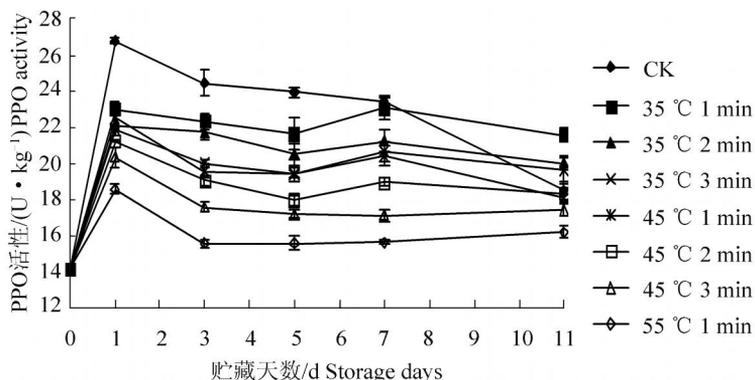


图 6 热处理对鲜切生菜 PPO 活性的影响

Fig 6 Effects of hot water treatment on PPO activity of fresh - cut lettuce

表 1 鲜切生菜感官质量评定

Tab 1 Evaluation of sensory quality of fresh - cut lettuce

| 贮藏天数 /d Storage days | CK | 热处理 Hot treatments | | | | | | | |
|-------------------------|-----|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| | | 35 | | | 45 | | | | 55 |
| | | 1 min | 2 min | 3 min | 1 min | 2 min | 3 min | 1 min | |
| 1 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 9.0 |
| 3 | 7.7 | 8.3 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 9.0 |
| 5 | 6.3 | 7.0 | 8.3 | 8.3 | 8.3 | 8.3 | 8.3 | 8.3 | 8.3 |
| 7 | 5.7 | 6.3 | 7.0 | 7.7 | 7.0 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 8.3 |
| 11 | 3.0 | 3.7 | 5.7 | 7.0 | 5.7 | 6.3 | 7.0 | 7.0 | 7.7 |

3 讨论

热处理应用于果蔬保鲜的机理主要在于它有利于延缓果蔬贮藏品质的下降,通过抑制 PPO、POD 及引起果蔬变色的酶的活性,促进果蔬损伤细胞的愈合,避免伤口扩展形成褐斑来延缓果实的褐变和衰老。另一方面,热处理可抑制生物体内外的孢子萌芽和由真菌类引起的腐败,从而达到灭菌、抑制生理过程、延长货架期等目的^[12]。田密霞等^[3]采用 40、45、50 °C 3 种不同温度热处理梨果实,然后进行切分贮藏,结果表明 50 °C 处理效果最佳。芮怀瑾等^[13]将枇杷果实分别在 38、45 和 52 °C 热空气中处理 5 h,结果发现 38 °C、5 h 热处理对减轻枇杷果实木质化败坏和果实腐烂的效果最好。可见,不同种类的果蔬对热处理温度的耐受力不同,这可能是由于果蔬自身化学成分不同。本试验中,55 °C 2 min、3 min

的热处理即超过了鲜切生菜对温度的耐受力,不仅没有达到保鲜效果,反而加速了生菜的软化、黄化,对鲜切生菜造成负面影响,降低其品质。

褐变及叶片黄化是影响鲜切生菜品质的主要因素。鲜切生菜切口的褐变及叶片的黄化将直接影响其外观,降低可销售性。果蔬褐变主要为酶促褐变,酶促褐变过程中参与酚类物质氧化的酶主要是多酚氧化酶(PPO),PPO活性的大小直接与褐变程度有关。而褐变潜力从另一个方面反映了鲜切生菜褐变的程度,因为褐变潜力大表明可参与褐变的酚类底物多则生成的褐变产物也可能相应多^[14]。本研究表明,热处理能抑制鲜切生菜PPO活性及褐变潜力,并且PPO活性与褐变潜力有一定的相关性,PPO活性高的鲜切生菜其褐变潜力也较高。在第7~11d,对照的PPO活性急剧下降而同时褐变潜力也由上升转为下降,这是因为对照已到贮藏后期,参与褐变反应的底物已消耗掉很大部分。叶菜黄化则主要是由于叶绿素被降解。Jacobi等^[15]将芒果放在46℃热水中浸泡30min后,于(39±1)℃的热空气中处理4~24h,发现该处理降低了芒果果实的叶绿素含量;而袁海娜^[16]的研究表明热水处理能抑制青菜叶绿素的降解,延缓青菜叶片的黄化。本研究表明,热处理能不同程度地抑制鲜切生菜叶绿素的降解,对鲜切生菜有一定的保绿作用,其中以55℃1min处理的鲜切生菜叶绿素含量维持较好。

鲜切生菜的呼吸强度极高,对照在第1d的呼吸高峰值(CO₂)达到1182.20mg/(kg·h),这与高翔^[17]研究的鲜切西洋芹对照的呼吸高峰(CO₂)约为90mg/(kg·h)及刘新有^[18]研究的鲜切富士苹果涂膜保鲜时对照的呼吸高峰值(CO₂)仅约为90mg/(kg·h)的结果差异很大。关于鲜切生菜呼吸强度较高的原因还有待研究。本试验中,热处理能显著抑制鲜切生菜的呼吸强度,尤其是55℃1min处理,在第1d的呼吸高峰时,其高峰值仅为对照的50.96%,之后的呼吸强度也显著降低。

4 结 论

鲜切生菜的商品价值主要取决于生菜翠绿的颜色及清脆的口感,生菜在贮藏一段时间后,极易发生褐变,直接影响外观及消费者的购买欲。因此,鲜切生菜的保鲜主要集中于抑制褐变的研究^[19-20]。本研究通过对鲜切生菜进行热处理得出以下结论:

鲜切生菜在贮藏过程中,随着时间的延长,其感官品质逐渐变差,Vc含量、含水量及叶绿素含量也均呈下降趋势,褐变潜力越来越高。在一定范围内,热处理的温度越高,越有利于保持鲜切生菜的品种。本实验中所有热处理(除55℃2min、3min)的鲜切生菜能够维持较高的感官品质、Vc含量、含水量及叶绿素含量,并且抑制呼吸强度、PPO活性,降低褐变潜力,延缓褐变的发生。而较长时间的高温热处理(55℃2min、3min)会对鲜切生菜造成伤害,对其品质带来负面影响,从而不适于鲜切生菜的保鲜。

热处理的鲜切生菜在整个贮藏期间PPO活性得到很好的抑制,褐变潜力也低于对照,说明热处理能够很好地抑制鲜切生菜的褐变。本试验中,对鲜切生菜保鲜效果较好的热处理参数为:55℃1min。

参考文献:

- [1] 李红卫,李颖.不同保鲜剂处理对切割生菜品质影响的研究[J].保鲜与加工,2008,8(4):17-19.
- [2] 寇莉萍,刘兴华,任亚梅,等.采后热处理技术在果蔬贮藏保鲜上的应用[J].中国农学通报,2005,21(11):67-70.
- [3] 田密霞,胡文忠,姜爱丽,等.不同温度热水处理对鲜切皇冠梨生理生化的影响[J].食品工业科技,2008,29(8):261-263,267.
- [4] 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.
- [5] 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,2001:134-138,246-248.
- [6] Vina S Z, Chaves A S. Antioxidant responses in minimally processed celery during refrigerated storage[J]. Food Chemistry, 2006, 94(1): 68-74.
- [7] Galeazzi M A M, Sgarbieri V C, Constantinides S M. Isolation, purification and physicochemical characterization of polyphenoloxidase (PPO) from dwarf variety of banana (*Musa cavendishii* L.) [J]. Food Science, 2006, 46(1): 150-155.
- [8] Tan B K, Harris N D. Maillard products inhibit apple polyphenoloxidase[J]. Food Chemistry, 1995, 53(3): 267-273.
- [9] King A D, Magnuson J. Microbial flora and storage quality of partially processed lettuce[J]. Food Science, 1991, 56(2): 459-461.
- [10] 杨晓棠,张昭其,庞学群.果蔬采后叶绿素降解与品质变化的关系[J].果树学报,2005,22(6):691-696.

- [11] Lamikanra O. 鲜切果蔬科学、技术与市场 [M]. 北京:化学工业出版社, 2008: 100.
- [12] 郭时印, 谭兴和, 李清明, 等. 热处理技术在果蔬贮藏中的应用 [J]. 河南科技大学学报:农学版, 2004, 24(2): 55 - 58.
- [13] 芮怀瑾, 汪开拓, 尚海涛, 等. 热处理对冷藏枇杷木质化及相关酶活性的影响 [J]. 农业工程学报, 2009, 25(7): 294 - 298.
- [14] 王佳宏, 郁志芳, 陆胜民, 等. 鲜切芋茛褐变特性研究 [J]. 食品科学, 2005, 26(9): 80 - 83.
- [15] Jacobi K, Giles J, Mac Rae E, et al Conditioning 'Kensington' mango with hot air alleviates hot water disinfection injuries [J]. Hort Science, 1995, 30(3): 562 - 565.
- [16] 袁海娜. 青菜热水浴保绿机理研究 [J]. 食品工业科技, 2005, 26(1): 81 - 84.
- [17] 高翔, 王蕊. 鲜切西洋芹联合保鲜技术研究 [J]. 食品与机械, 2004, 20(2): 9 - 11.
- [18] 刘新有, 南海娟, 郝亚勤, 等. 鲜切富士苹果涂膜保鲜研究 [J]. 河南农业科学, 2007(3): 85 - 87.
- [19] Martin - Diana A B, Rico D, Barry - Ryan C, et al Calcium lactate washing treatments for salad - cut iceberg lettuce: effect of temperature and concentration on quality retention parameters [J]. Food Research International, 2005, 38(7): 729 - 740.
- [20] Roura S I, Pereyra L, Valle C E, et al Phenylalanine ammonia lyase activity in fresh cut lettuce subjected to the combined action of heat mild shocks and chemical additives [J]. LWT - Food Science and Technology, 2008, 41(5): 919 - 924.

(上接第 450 页)

参考文献:

- [1] 朱尊权. 烟叶分级和烟草生产技术的改革 [J]. 烟草科技, 1993(3): 2 - 7.
- [2] 朱尊权. 烤烟质量和使用价值的关系 [J]. 烟草科技, 1991(2): 2 - 4.
- [3] 王卫康, 冯国贞, 关博谦, 等. GB 2635 - 1992 烤烟分级标准 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1992.
- [4] 付宪奎, 冯全富. 特香型烤烟品种烘烤调制技术初探 [J]. 中国烟草科学, 2002(4): 15 - 18.
- [5] 雷丽萍. 烟草调制过程中相关物质的测定 [J]. 中国烟草科学, 2002(4): 32 - 34.
- [6] 席年生, 申玉军. 不同施压条件下梗丝填充值与其膨胀效果的相关性 [J]. 烟草科技, 2003(9): 24 - 26.
- [7] 闫克玉, 赵献章. 烟叶分级 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [8] 王瑞新. 烟草化学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [9] 王卫康, 冯国贞, 关博谦, 等. YC/T 33 - 1996 烟草检验标准 [S]. 北京: 国家烟草专卖局(中国), 1996.
- [10] 刘学芝, 韩富根, 李高, 等. 烟叶中烟碱、钾、氯常规法测定前处理的改进初探 [J]. 河南农业大学学报, 2004, 38(3): 39 - 41.
- [11] 王卫康, 冯国贞, 关博谦, 等. YC/T 34 - 1996 总植物碱的测定 [S]. 北京: 国家烟草专卖局(中国), 1996.
- [12] 于建军, 任晓红, 夏林, 等. “金攀西”优质烟开发区烤烟中性致香物质分析 [J]. 中国烟草科学, 2005(4): 11 - 13.
- [13] 胡国松, 赵元宽, 曹志洪, 等. 我国主要产烟省烤烟元素组成和化学品质评价 [J]. 中国烟草学报, 1997, 3(3): 36 - 44.
- [14] 王欣, 何结望, 许自成, 等. 西南烟区烤烟质量状况及与巴西烤烟质量的相似性分析 [J]. 西南农业学报, 2007, 20(4): 747 - 751.
- [15] 谢远玉, 郭萌生, 肖林长, 等. 气候生态环境对赣南烤烟产量和品质的影响 [J]. 中国农业气象, 2005, 26(4): 236 - 238.
- [16] 王东胜, 刘贯山, 李章海, 等. 烟草栽培学 [M]. 合肥: 中国科学技术出版社, 2002.
- [17] 陈江华, 刘建利, 龙怀玉. 中国烟叶矿质营养及主要化学成分含量特征研究 [J]. 中国烟草学报, 2004, 10(5): 20 - 27.
- [18] 胡国松, 傅建政, 张丙孝, 等. 目前我国烤烟烟叶质量的若干限制因子 [J]. 中国烟草科学, 1999(4): 12 - 15.
- [19] 汪邓民, 范思锋. 钾素对烤烟成熟生理变化及成熟度影响的研究 [J]. 植物营养与肥料学报, 1999, 5(3): 244 - 248.