

1-MCP 处理结合不同贮藏条件对苹果常温货架品质的影响

李莹¹, 任亚梅¹, 马学敏¹, 季凤仙¹, 任小林²

(1. 西北农林科技大学 食品科学与工程学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学 园艺学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要:以“富士”苹果为试材,研究了 0.5 $\mu\text{L/L}$ 1-甲基环丙烯(1-MCP)对采后直接进行常温货架(20 \pm 1) $^{\circ}\text{C}$ 、108 d 苹果及不同温度下(14 \pm 1) $^{\circ}\text{C}$ 和(0 \pm 1) $^{\circ}\text{C}$ 分别贮藏 4、5、6 个月再转入常温货架(20 \pm 1) $^{\circ}\text{C}$ 、25 d 苹果理化品质的影响,并深入研究 0.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 对采后直接进行常温货架(20 \pm 1) $^{\circ}\text{C}$ 、108 d 苹果的超氧化物歧化酶、过氧化物酶活性及丙二醛含量的影响,为探索 1-MCP 对采后不同贮藏阶段苹果货架期生理及品质的影响。结果表明:对于采后直接进行常温货架的苹果,在货架结束时 1-MCP 处理果比对照果硬度高出 16.25%,处理果可溶性固形物含量比对照果下降缓慢 40.00%,且在货架 18、27、54、63 d 时,处理果可滴定酸含量极显著高于对照果($P<0.01$),因此 1-MCP 处理可有效抑制采后直接进行常温货架苹果的硬度、可溶性固形物和可滴定酸含量的下降;对于不同温度下分别贮藏 4、5、6 个月再转入货架的苹果,低温可有效保持苹果在货架期的较高理化品质,而 1-MCP 处理则可有效抑制苹果货架期硬度、可溶性固形物含量和可滴定酸含量的下降,其中 1-MCP 处理对抑制(14 \pm 1) $^{\circ}\text{C}$ 贮藏苹果货架期硬度和可滴定酸含量的下降有较好的效果,而对抑制低温贮藏苹果货架期可溶性固形物含量的下降效果较好。此外,1-MCP 处理可有效保持果实在常温贮藏期间超氧化物歧化酶活性和过氧化物酶活性,抑制丙二醛含量的增加。

关键词:苹果;1-甲基环丙烯(1-MCP);不同贮藏条件;常温;货架期;理化品质

中图分类号:TS 255.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)11-0137-07

苹果是典型的呼吸跃变型果实,呼吸作用会直接影响苹果采后贮藏过程中品质的变化^[1]。1-甲基环丙烯(1-MCP, 1-methylcyclopropane)作为一种新型的乙烯受体抑制剂,可显著延缓贮藏期果实硬度、可溶性固形物含量(Soluble solids content, SSC)和可滴定酸(Titratable acidity, TA)含量的下降,因此 1-MCP 对呼吸跃变型果实的成熟和衰老影响较大,保鲜效果较好。已有研究表明 1-MCP 可显著延缓香蕉^[2]、梨^[3]、猕猴桃^[4]等果实采后的成熟和衰老。金宏等^[5]研究显示,1-MCP 处理可显著抑制“粉红女士”苹果冷藏期间的呼吸作用和乙烯的释放,有效延缓果实硬度的下降,并能显著抑制苹果贮藏期间香气的形成;郭燕等^[6]用 0.5 $\mu\text{L/L}$ 的 1-MCP 在 20 $^{\circ}\text{C}$ 下处理“粉红女士”苹果 24 h,能够显著降低果实在 0 $^{\circ}\text{C}$ 贮藏期间呼吸速率、乙烯释放速率和 ACC 氧化酶活性,延缓果实硬度和 TA 的下降;Lu 等^[7]研究表明 1-MCP 可有效抑制 0 $^{\circ}\text{C}$ 贮藏苹果硬度、SSC 和 TA 的

下降;程顺昌等^[8]的研究结果显示,1-MCP 可以抑制“寒富”苹果在常温贮藏中的生理代谢并保持果实品质,延缓其采后的成熟衰老进程。目前 1-MCP 在苹果中的应用研究主要集中在 1-MCP 处理对 0 $^{\circ}\text{C}$ 或者室温贮藏条件果实生理品质变化的影响,而苹果在不同温度下贮藏一定时间,1-MCP 处理对其货架期生理品质变化的影响则研究较少。

该试验以“红富士”苹果为试材,详细研究了采后直接进行常温货架和不同温度贮藏 4、5、6 个月后再转入常温货架时,1-MCP 处理对苹果生理品质的影响,并比较了不同贮藏温度下(14 \pm 1) $^{\circ}\text{C}$ 和(0 \pm 1) $^{\circ}\text{C}$ 1-MCP 处理对保持苹果货架期品质的效果,以期 1-MCP 合理地应用于延缓贮藏不同阶段苹果货架期品质的下降提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试“红富士”苹果采自陕西省白水縣一管理良好的果园,于 2012 年 10 月 27 日采收,当天运回实验室,挑选成熟度一致、果形端正、果个均匀、无病虫害及机械损伤的果实待处理。

第一作者简介:李莹(1986-),女,硕士研究生,研究方向为果蔬贮藏与加工。E-mail:armthen@163.com.

收稿日期:2014-01-17

0.14% 1-MCP 由罗门哈斯中国公司(北京代表处)提供,其它试剂均为分析纯。

GC-2010 气相色谱仪(日本岛津公司);UV1700 紫外分光光度计(西安捷森科技有限公司);GY-B 型硬度计(杭州托普仪器有限公司);TEL7001 红外线 CO₂ 测定仪(美国 TELE);PK121R 冷冻离心机(上海泰恒科学仪器有限公司);8101 手持糖量计(大连先超科技有限公司)。

1.2 试验方法

将挑选好的苹果分为 A、B、C 3 组,其中 A 组苹果 120 kg, B 组和 C 组各用苹果 100 kg。A 组:将 120 kg 苹果平均分为 2 组,其中 1 组作为 1-MCP 处理组,放入 0.3 mm 厚的聚氯乙烯(PVC)袋(1.0 m×1.5 m)内,精确称取 0.068 g 的 1-MCP 放入培养皿中,向培养皿中加入 40℃ 的去离子水 10 mL,不让 1-MCP 和水接触,迅速密封 PVC 袋后,放平培养皿,使水与 1-MCP 充分接触,并使袋内 1-MCP 的有效浓度为 0.5 μL/L,对苹果熏蒸处理 24 h 后,开袋通风。另 1 组放置在相同条件下不做任何处理,作为对照组。将对照和处理果每 5 个 1 袋分别装入 0.03 mm 厚 PE 小袋中,在温度为(20±1)℃ 的常温储藏室放置 108 d。每 9 d 从 1-MCP 处理组和对照组中各取 10 个苹果,测定其呼吸强度、乙烯释放量、SSC 和 TA,同时冰浴取酶样,放于-80℃ 的冰箱中保存,贮藏结束后集中测定。B 组:将 100 kg 苹果平均分为 2 组,1 组为对照果,另 1 组为 1-MCP 处理果,1-MCP 处理方法同 A 组。处理结束后,将对照和处理果每 5 个 1 袋分别装入 0.03 mm 厚 PE 小袋中,放置在(14±1)℃ 储藏室,贮藏至 4、5、6 个月时,从 1-MCP 处理组和对照组均随机取出 15 袋苹果放置在(20±1)℃ 条件下,并分别在第 5、10、15、20、25 天的货架期随机选出 10 个苹果测定各生理指标(硬度、SSC 和 TA)的变化。每个指标重复测定 3 次。C 组:将 100 kg 苹果平均分为 2 组,1 组为对照果,另 1 组为 1-MCP 处理果,1-MCP 处理方法同 A 组。处理结束后,将对照和处理果每 5 个 1 袋分别装入 0.03 mm 厚 PE 小袋中,放置在(0±1)℃ 储藏室,贮藏至 4、5、6 个月时,测定指标及方法同 B 组。

1.3 项目测定

超氧化物歧化酶(Superoxide dismutase, SOD)活性采用氮蓝四唑法^[9]测定。过氧化物酶(Peroxidase, POD)活性采用愈创木酚法^[10]测定并略有改进。酶液制备:取 2 g 果肉,加 0.1 g PVP 于预冷的研钵中冰浴研磨。用 6 mL 0.2 mol/L 磷酸缓冲液(pH 6.4)分 3 次冲洗研钵,再在 4℃ 冷冻离心机中 10 000 r/min 离心 20 min,取上清液测定酶活性,之后的步骤与 Zhang 等^[10]的愈创木酚法一致。POD 活性($U \cdot \min^{-1} \cdot g^{-1} FW$)= $\Delta OD_{460} \times V_T / (W \times V_s \times 0.01 \times T)$,式中 ΔOD_{460} 为 460 nm 处的吸

光值变化;0.01 为 1 个酶活性单位;W 为样品鲜重(g);T 为反应时间(min);V_T为酶液总体积(mL);V_s为测定用酶液体积(mL)。丙二醛(Malondialdehyde, MDA)含量采用硫代巴比妥酸法^[11]测定并略有改进。原液制备同 POD 的酶液制备。将 2 mL 粗酶液加入 2 mL 0.5% 的 TBA 溶液(用 15% 的三氯乙酸配成)溶液中,混匀后在沸水浴中煮沸 10 min,迅速用自来水冷却并用 10 000 r/min 离心 10 min,调零对照用 0.5% 的 TBA 溶液,取上清液在 532 nm 和 600 nm 波长下分别测定光密度值。计算公式为:MDA 含量($\mu\text{mol/g FW}$)= $(OD_{532} - OD_{600}) \times A \times V_T / (W \times V_s \times 1.55 \times 10^{-1})$,式中,A 为反应液总量;(OD₅₃₂ - OD₆₀₀)为吸光值差;V_T为酶提液总体积(mL);V_s为测定时所取酶液体积(mL);W 为样品重量(g);1.55×10⁻¹为微摩尔消光系数^[12]。TPA 模式下硬度的测定参照潘秀娟等^[13]的测定方法,略有改进。沿苹果赤道位置均匀取 3 个点(即每个苹果重复测定 3 次),使用内径 10 mm 的打孔器取样,然后用刀片切取居中部位 10 mm 长度圆柱体试样。将试样置于质构仪 P50 探头下进行 TPA 试验,测定结果取平均值。呼吸速率采用 Telaire 7001 红外线 CO₂ 气体测定法。乙烯释放量采用气相色谱法^[14]测定。SSC 的测定参照 GB/T 12295-90《水果、蔬菜制品:可溶性固形物含量的测定:折射仪法》^[15]。TA 含量的测定参照 GB/T 12293-1990《水果、蔬菜制品:可滴定酸度的测定》^[16]。

1.4 数据分析

采用 SPSS 软件对数据进行方差及差异显著性分析,用 Excel 2010 软件对数据进行统计分析与作图。

2 结果与分析

2.1 1-MCP 处理对采后直接进行常温货架的苹果生理指标的影响

2.1.1 1-MCP 处理对采后直接进行常温货架的苹果硬度的影响 果实硬度是果实成熟度的重要指标之一,与果实的品质密切相关。从图 1 可以看出,在苹果整个常温(20±1)℃ 货架期,1-MCP 处理与对照的果实硬度均呈下降趋势,且从第 54~108 天,1-MCP 处理的硬度显著高于对照($P < 0.05$)。货架至 108 d,对照和 1-MCP 处理的果实硬度从初始时的 7.47 kg/cm² 和 7.70 kg/cm² 分别下降至 6.40 kg/cm² 和 7.44 kg/cm²,降幅分别为 14.32% 和 3.38%,比同期对照的果实硬度高出 16.25%,可见在整个常温货架期,对照的果实硬度的下降速度和幅度均大于 1-MCP 处理的果实,1-MCP 处理可有效延缓苹果在常温货架期的软化衰老进程。这与温孚凯等^[17]关于 1-MCP 可在很大程度上延缓“红富士”苹果在冷藏期间衰老的研究结论相一致。

2.1.2 1-MCP 处理对采后直接进行常温货架的苹果

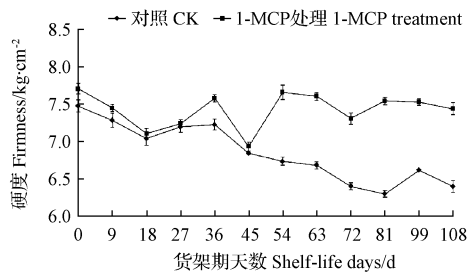


图1 常温货架期苹果硬度的变化

Fig. 1 Changes of flesh firmness of apples during shelf-life in room temperature

SSC的影响 SSC是评价苹果食用品质的评价指标之一。从图2可以看出,在常温货架期,1-MCP处理组与对照组SSC均呈下降趋势。货架期的0~9 d,1-MCP处理组和对照组SSC均稍有下降,但二者差异不显著;货架期18 d时,1-MCP处理与对照组SSC开始呈现显著差异($P<0.05$),27~108 d(除了45 d),1-MCP处理组SSC极显著高于对照($P<0.01$)。在整个贮藏过程中,1-MCP处理组和对照组SSC的日均下降量分别为0.145%和0.245%,1-MCP处理组比对照组下降缓慢40%。这与孙希生等^[18]关于1-MCP处理可显著延缓“红星”苹果在冷藏期间SSC下降的研究结果相一致。

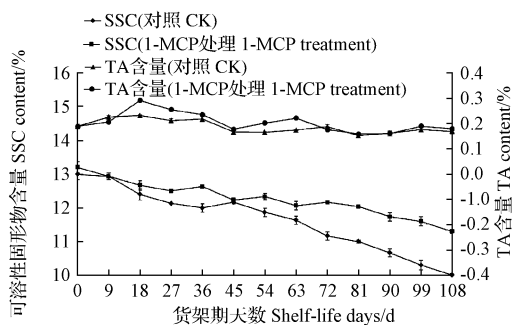


图2 常温货架期苹果SSC和TA的变化

Fig. 2 Changes of SSC and TA of apples during shelf-life in room temperature

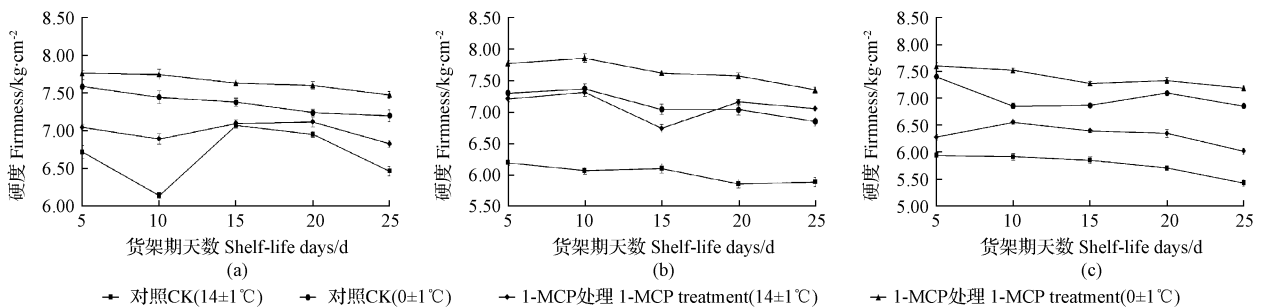


图3 不同贮藏温度下不同时间处理苹果货架期硬度的变化

注:图(a)为不同温度贮藏4个月;图(b)为不同温度贮藏5个月;图(c)为不同温度贮藏6个月,下同。

Fig. 3 Changes of flesh firmness of apples during shelf-life after different storage periods in different temperatures

Note; Fig. (a) was 4 monthes shelf-life in different temperatures; Fig. (b) was 5 monthes shelf-life in different temperatures; Fig. (c) was 6 monthes shelf-life in different temperatures, the same below.

2.1.3 1-MCP处理对采后直接进行常温货架的苹果TA的影响 果实中的有机酸作为风味物质,在贮藏过程中作为呼吸代谢的底物被不断消耗,从而使果实风味变淡,果实TA对果实的风味有很重要的影响。从图2可以看出,在整个货架期,1-MCP处理和对对照组TA均呈现出缓慢的下降趋势,并在第18、27、54、63天1-MCP处理组TA极显著高于对照($P<0.01$),但在之后的货架期中二者并无显著性差异($P<0.05$)。Mattheis等^[19]对经1-MCP处理的“嘎拉”苹果进行研究发,1-MCP可显著抑制苹果冷藏后TA的降低。因此,1-MCP处理可在一定程度上抑制苹果在常温货架期TA的降低,但其抑制的程度可能与品种或贮藏条件有关。

2.2 1-MCP处理对不同温度下贮藏4、5、6个月苹果货架期生理指标的影响

2.2.1 1-MCP处理对不同温度下贮藏4、5、6个月苹果货架期硬度的影响 从图3可以看出,在(0±1)℃和(14±1)℃贮藏4、5、6个月的苹果,货架期1-MCP处理的硬度均大于对照,且低温贮藏的1-MCP处理果实硬度最高。贮藏4个月时,在第10天以外货架期,(14±1)℃贮藏的1-MCP处理与对照果实硬度无显著性差异($P<0.05$),但随贮藏时间的延长,(14±1)℃贮藏的1-MCP处理与对照果实硬度呈现显著性差异($P<0.05$);而低温贮藏的1-MCP处理与低温贮藏的对照果实硬度在各货架期差异均不显著($P<0.05$);贮藏6个月时,(14±1)℃贮藏的1-MCP处理与低温贮藏的对照果实硬度在货架期呈现显著性差异($P<0.05$)。各组苹果的硬度在货架期均呈下降趋势,贮藏4个月时,低温贮藏的1-MCP处理和对照果实硬度分别从货架5 d时的7.767 kg/cm²和7.588 kg/cm²下降至7.479 kg/cm²和7.200 kg/cm²,下降幅度分别为3.71%和5.11%,同时,(14±1)℃贮藏的处理果与对照果在整个货架期间硬度分别下降了3.12%和3.78%。贮藏5个月时,低温贮藏的1-MCP处理和对照货架期硬度分别下降了5.47%和

6.16%, (14 ± 1) $^{\circ}\text{C}$ 贮藏的 1-MCP 处理和对照果实硬度分别下降了 2.21% 和 4.98%。贮藏 6 个月时, 低温贮藏的 1-MCP 处理和对照果实硬度在货架期分别下降了 5.42% 和 7.35%, 而 (14 ± 1) $^{\circ}\text{C}$ 贮藏的 1-MCP 处理和对照果实硬度分别下降了 4.14% 和 8.63%。 (14 ± 1) $^{\circ}\text{C}$ 贮藏的处理果在各货架期硬度的下降幅度较低温贮藏的 1-MCP 处理果小。可见, 尽管低温有利于苹果在货架期保持较高的硬度, 但 1-MCP 处理对抑制 (14 ± 1) $^{\circ}\text{C}$ 贮藏苹果在货架期硬度的下降较低温贮藏苹果有更好的应用效果。

2.2.2 1-MCP 处理对不同温度下贮藏 4、5、6 个月苹果货架期 SSC 的影响 从图 4 可以看出, 在不同贮藏阶段的货架期, 1-MCP 处理组 SSC 均大于对照组, 低温贮藏的 1-MCP 处理组 SSC 最高。低温贮藏的 1-MCP 处理组 SSC 在各货架期与低温贮藏的对照组 SSC 均有显著差异 ($P<0.05$), 而在贮藏 4、5 个月的货架期, (14 ± 1) $^{\circ}\text{C}$ 贮藏的 1-MCP 处理组与对照组 SSC 有显著差异 ($P<0.05$)。此外, 贮藏至 6 个月时, 低温贮藏苹果与

(14 ± 1) $^{\circ}\text{C}$ 贮藏苹果 SSC 在货架期呈现更为显著的差异 ($P<0.05$)。贮藏 4 个月时, 低温贮藏的 1-MCP 处理组和对照组 SSC 在整个货架期分别下降了 4.63% 和 6.26%, (14 ± 1) $^{\circ}\text{C}$ 贮藏的 1-MCP 处理组与对照组 SSC 则分别下降了 5.88% 和 7.02%; 贮藏 5 个月时, 低温贮藏的 1-MCP 处理组和对照组 SSC 在货架期分别下降了 4.01% 和 8.87%, (14 ± 1) $^{\circ}\text{C}$ 贮藏的 1-MCP 处理组与对照组 SSC 分别下降了 12.39% 和 13.03%; 贮藏 6 个月时, 低温贮藏的 1-MCP 处理组和对照组 SSC 在货架期分别下降了 4.58% 和 7.02%, (14 ± 1) $^{\circ}\text{C}$ 贮藏的 1-MCP 处理组与对照组 SSC 分别下降了 1.25% 和 2.10%。从低温贮藏苹果与 (14 ± 1) $^{\circ}\text{C}$ 贮藏苹果 SSC 在货架期的差异性可以看出, 随贮藏时间增加, 低温贮藏更有利于货架期苹果 SSC 保持在较高的水平。贮藏 4、5 个月时, 1-MCP 处理对抑制低温贮藏苹果在货架期硬度的下降较 (14 ± 1) $^{\circ}\text{C}$ 贮藏效果更好, 贮藏至 6 个月时, (14 ± 1) $^{\circ}\text{C}$ 贮藏苹果 SSC 下降较为平缓, 可能是由于 (14 ± 1) $^{\circ}\text{C}$ 贮藏末期苹果中 SSC 已降至较低的水平。

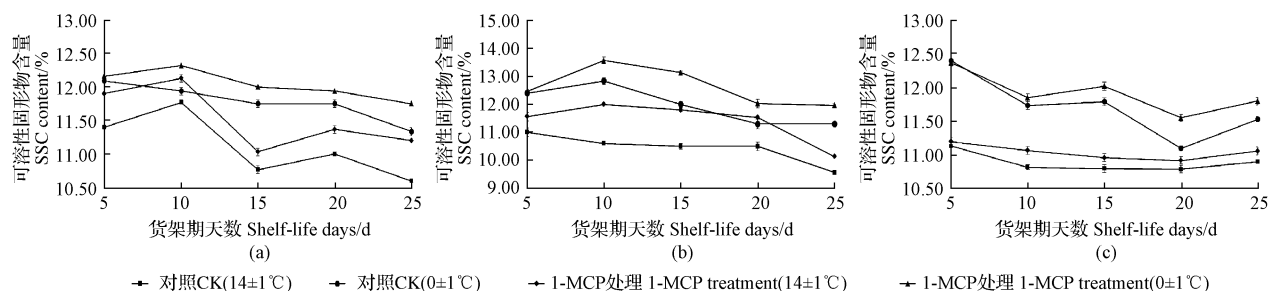


图 4 不同贮藏温度下贮藏不同时间苹果货架期 SSC 的变化

Fig. 4 Changes of SSC of apples during shelf-life after different storage periods in different temperatures

2.2.3 1-MCP 处理对不同温度下贮藏 4、5、6 个月苹果货架期 TA 含量的影响 由图 5 可知, 随贮藏时间增加, 货架期各组苹果 TA 含量的大小关系逐渐表现为低温贮藏的 1-MCP 处理 > 低温贮藏对照 > (14 ± 1) $^{\circ}\text{C}$ 贮藏的 1-MCP 处理 > (14 ± 1) $^{\circ}\text{C}$ 贮藏的对照。低温贮藏的 1-MCP 处理与对照 TA 含量在各货架期均有显著差异

($P<0.05$), 而贮藏 5、6 个月时, (14 ± 1) $^{\circ}\text{C}$ 贮藏 1-MCP 处理组与对照组 TA 含量在货架期也呈现显著差异 ($P<0.05$)。贮藏 5、6 个月时, 尽管低温贮藏的 1-MCP 处理果在货架期的 TA 最高, 但其在货架结束时降幅也最大, 分别为 21.23% 和 21.33%, 相较之下, 此时 (14 ± 1) $^{\circ}\text{C}$ 贮藏的 1-MCP 处理果在货架结束时的降幅分别为

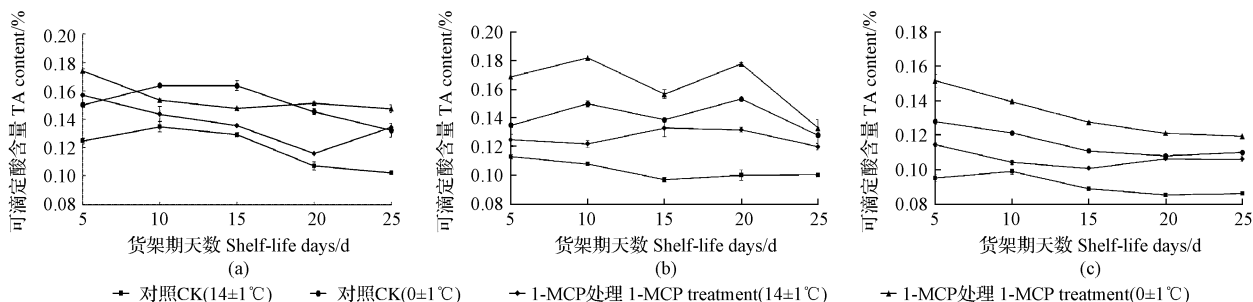


图 5 不同贮藏温度下贮藏不同时间苹果货架期 TA 的变化

Fig. 5 Changes of TA of apples during shelf-life after different storage periods in different temperatures

3.86%和7.03%,降幅较小。在这2个贮藏阶段的货架期,低温对照果的降幅分别为5.19%和14.02%, $(14\pm 1)^{\circ}\text{C}$ 贮藏的对照果的降幅分别为12.69%和9.47%。因此,1-MCP处理对抑制 $(14\pm 1)^{\circ}\text{C}$ 贮藏苹果TA的下降较低温贮藏苹果的有更好的效果。

2.3 1-MCP处理对采后直接进行常温货架苹果的SOD活性和POD活性的影响

SOD具有清除超氧化物自由基,减轻过氧化的作用,所以它的活性高低在一定程度上反映了果实衰老的程度。从图6可以看出,由于果实的自我保护机制,对照SOD活性在贮藏前期逐渐升高,在第54天出现酶活高峰,而后迅速降低,果实衰老加速。而1-MCP处理的果实贮藏至第72天出现酶活最高峰。这可能是因为贮藏前54d,1-MCP抑制了果实的生理生化反应,组织产生的超氧化物自由基不多,SOD活性也不高,贮藏54d后,果实趋于软化,由于自身保护作用,SOD活性保持在较高的水平,以清除超氧化物自由基,从而延缓衰老。

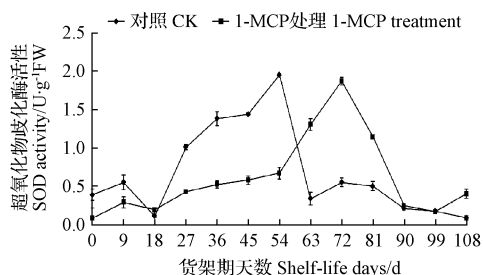


图6 常温货架期苹果SOD活性的变化

Fig. 6 Changes of SOD activity of apples during shelf-life in room temperature

从图7可以看出,在贮藏期初期,POD活性迅速上升,之后逐渐下降。其原因是随贮藏时间延长,果实软化衰老,产生了大量的自由基,由于果实的自我调节,其清除自由基的能力提高,因此POD活性升高,而当第18天出现酶活高峰后,POD活性下降。1-MCP处理在贮藏初期由于各种生理生化反应被抑制,POD活性维持在较低水平,贮藏至36d时活性开始明显增高,在第54天时出现酶活高峰。整个常温贮藏过程中,2组之间差异极显著($P<0.01$)。因此可知1-MCP具有增加POD活性、延缓活性高峰出现,减缓果实衰老的作用。

2.4 1-MCP处理对采后直接进行常温货架苹果的MDA含量的影响

硫代巴比妥酸活性产物(TBARS)是脂质过氧化的最终产物。TBARS中的MDA含量对植物细胞非常有害,能加剧膜脂过氧化作用,若与蛋白质结合,则使蛋白质的结构发生变化,导致其功能丧失。MDA含量是衡

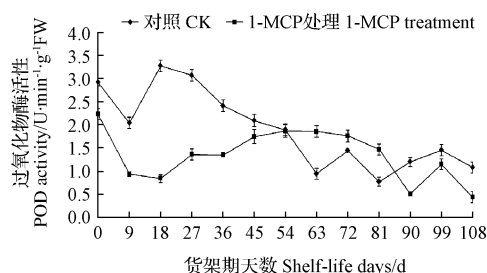


图7 常温货架期苹果POD活性的变化

Fig. 7 Changes of POD activity of apples during shelf-life in room temperature

量果实成熟老化过程中脂质过氧化程度的一个重要指标^[20]。从图8可以看出,在大部分常温货架期内,处理果MDA含量均低于对照果,且在27、36、45、63、99、108d时差异极显著($P<0.01$),说明1-MCP处理对果实起到了一定的保护作用,对膜脂过氧化的影响也十分明显;但无论对照还是1-MCP处理,在货架结束时MDA含量均略有升高,处理果与对照果相比,含量上升幅度较小。这与魏宝东等^[21]关于1-MCP处理可有效抑制寒富苹果在常温贮藏中MDA含量积累的研究结论相一致。

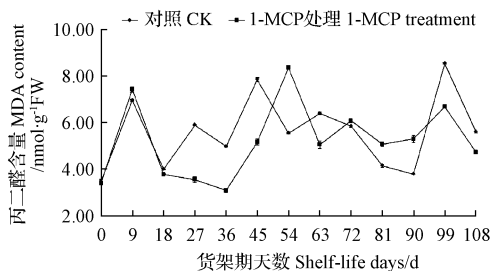


图8 常温货架期苹果MDA含量的变化

Fig. 8 Changes of MDA content of apples during shelf-life in room temperature

3 结论与讨论

该试验结果表明,1-MCP均可有效延缓苹果的软化衰老进程。对于采后直接进行常温货架的苹果,货架结束时1-MCP处理果比对照果硬度高出16.25%,处理果SSC比对照果下降缓慢40%,且在贮藏的第18、27、54、63天1-MCP处理TA含量极显著高于对照($P<0.01$)。对于不同温度下贮藏不同时间再转入货架的苹果,随贮藏时间的延长,各理化品质在货架期均逐渐呈现出低温贮藏的1-MCP处理>低温贮藏对照> $(14\pm 1)^{\circ}\text{C}$ 贮藏的处理> $(14\pm 1)^{\circ}\text{C}$ 贮藏的对照这一变化趋势。低温贮藏可使苹果货架期硬度、SSC和TA维持在较高的水平,而1-MCP可有效抑制货架期这3个理化品质的下降,1-MCP结合低温处理,可显著保持苹果的理化品质,使其具有更高的商品价值;其中,1-MCP处理对

抑制(14 ± 1) $^{\circ}\text{C}$ 贮藏苹果货架期硬度和 TA 的降低较低温贮藏的效果更好,而对抑制低温贮藏苹果货架期 SSC 降低较(14 ± 1) $^{\circ}\text{C}$ 贮藏的效果更好。此外,1-MCP 处理使常温贮藏期苹果仍然保持较高的 SOD 活性与 POD 活性,推迟了酶活性高峰的出现,能够使果实清除自由基的能力加强,并在一定程度上抑制苹果常温货架期 MDA 含量的升高,延缓果实衰老。

苹果是呼吸跃变型水果,随着贮藏时间的增加品质逐渐下降,尤其贮藏一定阶段后(4、5、6 个月)如何保持苹果的货架品质维持其商品价值十分重要。该试验详细探讨了 1-MCP 处理对常温贮藏苹果品质的影响,同时也研究了 1-MCP 处理对不同温度下贮藏不同时间苹果常温货架期品质的影响,为商业更好地保持不同贮藏阶段苹果货架期品质,提高其商品价值提供参考。

参考文献

- [1] 张秀玲.果蔬采后生理与贮藏学[M].北京:化学工业出版社,2011:33-49.
- [2] Ketsa S, Wisutiamonkul A, van Dorn W G. Apparent synergism between the positive effects of 1-MCP and modified atmosphere on storage life of banana fruit [J]. Postharvest Biology and Technology, 2013, 85:173-178.
- [3] Hui W, Niu R X, Song Y Q, et al. Inhibitory effects of 1-MCP and DPA on superficial scald of dangshansuli pear [J]. Agricultural Sciences in China, 2011, 10(10):1638-1645.
- [4] 任亚梅,刘兴华,徐春雅,等.不同处理对猕猴桃采后生理和细胞超微结构的影响[J].农业工程学报,2008,24(7):217-221.
- [5] 金宏,惠伟,丁雅荣,等.1-MCP 对‘粉红女士’苹果冷藏期间品质变化和香气形成的影响[J].西北植物学报,2009,29(4):754-761.
- [6] 郭燕,马书尚,朱玉涵,等.1-MCP 对不同成熟度粉红女士苹果贮藏生理和品质的影响[J].果树学报,2007,24(4):415-420.
- [7] Lu X G, Ma Y P, Liu X H. Effects of maturity and 1-MCP treatment on postharvest quality and antioxidant properties of ‘Fuji’ apples during long-term cold storage [J]. Hort Environ Biotechnol, 2012, 53(5):378-386.
- [8] 程顺昌,冷俊颖,任小林,等.不同环丙烯类乙烯抑制剂对苹果常温贮藏保鲜效果的影响[J].农业工程学报,2012,28(6):269-274.
- [9] Wang X Y, Hang B, Liu C L, et al. Distribution of calcium in bagged apple fruit and relationship between antioxidant enzyme activity and bitter pit [J]. Agriculture Science and Technology, 2010, 11(1):82-85.
- [10] Zhang D L, Quantick P C. Effects of Chitosan coating on enzymatic browning and decay during postharvest storage of litchi fruit [J]. Postharvest Biol Technol, 1997, 12(2):195-202.
- [11] 陈建勋,王小峰.植物生理学实验指导[M].广州:华南理工大学出版社,2002.
- [12] Lelievre J M, Latché B, Jones M, et al. Ethylene and fruit ripening [J]. Physiol Plant, 1997, 101:727-739.
- [13] 潘秀娟,屠康.质构仪质地多面分析(TPA)方法对苹果采后质地变化的检测[J].农业工程学报,2005,21(3):166-170.
- [14] 陈丹生,苏新国,郑永华,等.1-甲基环丙烯对红富士苹果贮藏品质的影响[J].食品科学,2003,24(9):143-147.
- [15] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 12295-1990 水果、蔬菜制品可溶性固形物含量的测定-折射仪法[S].北京:中国标准出版社,2004.
- [16] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 12293-1990 水果、蔬菜制品可滴定酸度的测定[S].北京:中国标准出版社,2004.
- [17] 温孚凯,赵洪海,马民安,等.1-甲基环丙烯对富士苹果采后生理变化的影响[J].山东农业科学,2006(6):31-32.
- [18] 孙希生,王志华,王文辉,等.1-MCP 对新红星苹果贮藏保鲜的影响[J].中国果树,2004(5):9-11.
- [19] Mattheis J P, Fan X, Arenta L C. Interactive responses of gala apple fruit volatile production to controlled atmosphere storage and chemical inhibition of ethylene action [J]. J Agric Food Chem, 2005, 53(11):4510-4516.
- [20] Sisler E C, Serek M. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: Recent developments [J]. Physiologia Plantarum, 1997, 100:577-582.
- [21] 魏宝东,朱莹,程顺昌,等.1-MCP 对寒富苹果常温贮藏效果的影响[J].食品工业科技,2013,34(10):321-325.

Effects of 1-MCP Treatment With Different Storage Conditions on Quality of Apple During Shelf Life at Room Temperature

LI Ying¹, REN Ya-mei¹, MA Xue-min¹, JI Feng-xian¹, REN Xiao-lin²

(1. College of Food Science and Engineering, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100; 2. College of Horticulture, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract: In order to investigate the effect of 1-MCP treatment on the qualities of apples in shelf-life, taking the ‘Fuji’ apples as experimental materials, the effect of 0.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP (1-methylcyclopropene) treatment on physical and chemical quality of apples which were stored at room temperature for (20 ± 1) $^{\circ}\text{C}$, 108 d and the apples in shelf-life of 25 days which were stored respectively at (14 ± 1) $^{\circ}\text{C}$ and low-temperature (0 ± 1) $^{\circ}\text{C}$ for 4, 5, 6 months were studied. And the effect of 0.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP treatment on superoxide dismutase (SOD) activity, peroxidase (POD) activity and malondialdehyde (MDA) content of apple which were stored at room temperature for (20 ± 1) $^{\circ}\text{C}$, 108 d were further studied. The results showed that the firmness of apples treated by 1-MCP were 16.25% higher than that of control, the soluble solids content (SSC) of apples treated 1-MCP by declined 40.00% slower than that of control, and titratable

香菇固态发酵对蓝莓果渣产物活性成分的研究

郭 丽, 王 鹏, 马志婷

(绥化学院 食品与制药工程学院, 黑龙江 绥化 152061)

摘 要:以蓝莓果渣为原料,利用香菇进行固态发酵,以分光光度法、高效液相色谱测定发酵产物中蛋白质、黄酮、花色苷、鞣花酸和没食子酸含量的变化,以研究香菇固态发酵蓝莓果渣过程中生物活性成分的变化。结果表明:蓝莓果渣产物中蛋白质和黄酮含量在第8天达到最高,分别为7.210 mg/g和0.455 mg/g,花色苷含量在发酵第12天时达到最高,为1.878 mg/g;鞣花酸含量呈下降趋势,没食子酸含量呈先增加后下降,第8天达到最高值,为1.755 mg/g。

关键词:香菇;蓝莓果渣;固态发酵;活性成分

中图分类号:S 646 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)11-0143-04

蓝莓(*Vaccinium uliginosum*)属杜鹃花科(Ericaceae)越橘属(*Vaccinium*)多年生落叶或常绿灌木。蓝莓中含有黄酮、花青苷、鞣花酸、没食子酸等生物活性成分,具有防治高血压、疏通毛细血管和缓解视力疲劳等功效,并可增强心脏功能、延缓脑神经衰老、预防老年痴呆、抗前列腺癌和糖尿病,被国际粮农组织列为五大健康食品之一^[1-5]。近年来,随着蓝莓产业的蓬勃发展,蓝莓产品形式多种多样,除了鲜食之外,还可加工成果浆、果汁或浓缩汁。随着加工量的增大,每年都会产生大量的蓝莓果渣。这些果渣长期以来未得到有效利用,造成了资源的浪费。研究人员利用微生物对水果废渣中的营养物质进行发酵培养,发现微生物可促使果渣中酚类、黄酮类等活性成分增加^[6-9]。该试验利用香菇能在含有纤维素、半纤维素和木质素的基质上生长的特性,以蓝莓果

渣为原料,利用香菇进行固态发酵,研究香菇发酵蓝莓果渣代谢过程中生物活性物质的变化,以期为实现活性物质大量提取、蓝莓浆果高附加值加工提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试速冻蓝莓果渣购于北大荒冰雪食品有限公司;供试香菇菌种由绥化学院食用菌研究所提供。

没食子酸、芦丁、鞣花酸标准品购自Sigma公司;甲醇为进口色谱纯购自德国默克公司;牛血清蛋白质、考马斯亮蓝G-250、二甲亚砷、醋酸、硫酸镁、碳酸钙、硝酸铵、磷酸及其它试剂均为国产分析纯。

GL-16G-II冷冻离心机(上海安亭科学仪器厂);BXM-30R立式压力蒸汽灭菌器(上海博迅实业有限公司医疗设备厂);752紫外-可见分光光度计(上海菁华科技仪器有限公司);BPMJ-150F型生化培养箱(上海一恒科学仪器有限公司);SW-CJ-2G型净化工作台(苏州净化设备有限公司);Waters Alliance 2695液相色谱仪(美国沃特斯公司)。

第一作者简介:郭丽(1979-),女,博士,副教授,研究方向为农产品贮藏与加工。E-mail:guoli2138@163.com.

基金项目:黑龙江省普通高校毕业生学术骨干支持计划资助项目(1252G001)。

收稿日期:2014-03-13

acidity (TA) of apples treated by 1-MCP were very significantly higher than that of the control at the 18th, 27th, 54th, 63th day of shelf-life ($P < 0.01$), so 1-MCP treatment could significantly inhibit the decreasing of firmness, SSC and TA of apples which were directly stored at room temperature for 108 days after postharvest. For apples which were stored at low temperature for 4, 5 and 6 months first and then were taken in shelf-life for 25 days respectively, the low temperature could effectively help to keep a high physical and chemical quality for apples, while 1-MCP treatment could significantly delay the decreasing of fruit firmness, SSC and TA. There was a better effect of 1-MCP treatment on inhibiting decreasing of firmness and TA of apples which were storage at $(14 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ and inhibiting decreasing of SSC of apples which were storage at low-temperature. In addition, 1-MCP treatment could maintain a high activity of SOD and POD in storage and inhibit the increasing of MDA content.

Key words: apple; 1-MCP treatment; different storage conditions; room temperature; shelf-life; physical and chemical quality