

常温下莲蓬不同保鲜技术的比较

张铎

(河北化工医药职业技术学院质量检测与管理系, 河北石家庄 050026)

摘要: 为研究新鲜莲蓬常温保存的最佳方法, 以新鲜莲蓬为材料, 比较了薄膜保鲜、果蜡涂抹、1-MCP (1-甲基丙烯) 等技术对莲蓬的保鲜效果, 通过感官评价、褐变指数、失重率、呼吸强度、可溶性固形物、丙二醛、多酚氧化酶 (PPO) 活性等指标的检测, 优选出常温下保鲜效果最佳的保鲜技术。结果表明, 常温保存下, 对照组、薄膜保鲜、果蜡涂抹和 1-MCP 处理组在第 7 d 莲蓬的感官评分分别为 7.0、7.7、7.8 和 8.3, 莲子感官评分分别为 8.0、8.3、8.6 和 8.7, 莲蓬的褐变指数分别为 0.50、0.45、0.30 和 0.20, 莲子失重率分别为 7.46%、5.58%、4.28% 和 4.43%, 可溶性固形物含量分别减少了 66.82%、45.83%、40.19% 和 37.87%, 丙二醛含量分别为 1.53 $\mu\text{mol/L}$ 、1.33 $\mu\text{mol/L}$ 、1.19 $\mu\text{mol/L}$ 和 1.03 $\mu\text{mol/L}$; 存储期间最大呼吸强度分别达到 37.2、36.1、35.9 和 34.1, 存储期间最大 PPO 活性为 116、93、81 和 52。数据结果表明, 薄膜保鲜、果蜡涂抹和 1-MCP 处理均可抑制莲蓬的呼吸作用, 减缓莲蓬水分、可溶性固形物的减少; 且 1-MCP 处理的保鲜效果更佳。因此, 1-MCP 处理可以成为一种较为有效的保鲜方法来延缓莲蓬和莲子的采后衰老, 延长莲蓬和莲子的货架期。

关键词: 莲蓬; 保鲜; 常温; 莲子; 1-甲基丙烯 (1-MCP)

文章编号: 1673-9078(2021)06-144-149

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2021.6.0288

Comparison of Different Preservation Techniques for Lotus Seed Pods at Room Temperature

ZHANG Duo

(Department of Quality Inspection and Management, Hebei Vocational College of Chemical & Pharmaceutical Technology, Shijiazhuang 050026, China)

Abstract: To identify the best method to preserve fresh lotus seed pods at room temperature, the suitability of three techniques, namely, food wrapping, fruit wax coating, and 1-methylpropene (1-MCP) treatment, was examined. Based on the evaluation parameters of sensory quality, browning index, weight loss rate, respiration intensity, soluble solid content, malondialdehyde (MDA) content, and polyphenol oxidase (PPO) activity, the most optimal preservation technique at room temperature was confirmed. At room temperature, the sensory quality scores of lotus seed pods of the control, food wrap preservation, fruit wax coating, and 1-MCP treatment groups were 7.0, 7.7, 7.8, and 8.3, respectively, and the sensory quality scores of lotus seeds were 8.0, 8.3, 8.6, and 8.7, respectively. The browning indexes of the lotus seed pods were 0.50, 0.45, 0.30, and 0.20, respectively. The weight loss rates of the lotus seeds were 7.46%, 5.58%, 4.28%, and 4.43%, respectively. The soluble solid contents decreased by 66.82%, 45.83%, 40.19%, and 37.87%, respectively. The MDA contents were 1.53, 1.33, 1.19, and 1.03 $\mu\text{mol/L}$, respectively. During storage, the maximal respiratory intensities were 37.2, 36.1, 35.9, and 34.1, respectively. The maximal PPO activities were 116, 93, 81, and 52, respectively. All of these suggest that food wrapping preservation, fruit wax coating, and 1-MCP treatment could inhibit the respiration of lotus seed pods and slow down the decrease of water and soluble solid contents. 1-MCP treatment method demonstrated the best preservation effects. Therefore, 1-MCP treatment could be an effective preservation technique to delay the postharvest senescence and prolong the shelf life of lotus seed pods and seeds.

引文格式:

张铎. 常温下莲蓬不同保鲜技术的比较[J]. 现代食品科技, 2021, 37(6): 144-149, +311

ZHANG Duo. Comparison of different preservation techniques for lotus seed pods at room temperature [J]. Modern Food Science and Technology, 2021, 37(6): 144-149, +311

收稿日期: 2021-03-17

基金项目: 河北省基础研究计划项目 (C2016418006)

作者简介: 张铎(1975-), 女, 副教授, 研究方向: 微生物与发酵, 食品加工, 食品质量与安全

Key words: lotus seed pod; reservation techniques; room temperature; lotus seed; 1-MCP

莲子, 作为药食同源的食品, 含有极其丰富的营养物质, 具有良好的保健作用和较高的药用价值^[1,2]。但是莲蓬采后的呼吸强度非常大, 由于蒸腾作用大, 水分很容易蒸发引起萎蔫; 莲蓬多酚物质含量非常高, 容易发生褐变, 从而影响莲蓬的品质和商品质量。莲蓬生产的季节性较强, 生产季节环境温度、湿度较高, 莲蓬采摘后容易发生腐败和褐变^[3], 在我国, 大部分的莲蓬销售还处于农民采摘后直接到市场售卖的阶段, 因此研究一种方便又经济的保鲜方法具有极其重要意义。

近年来, 关于莲蓬、莲子保鲜技术的研究逐渐增多, 王建辉等人研究得出, 在 4 °C 下储存可减少莲蓬的失重率和呼吸强度^[4]; 隋棠等人研究了气调低温保存莲蓬的方法, 发现 2 °C 下气体浓度 O₂ 为 13%~15%, CO₂ 为 5%~5.5% 可有效延长莲蓬的储存周期^[3]。朱雁青等人研究了低温下不同薄膜对莲蓬保鲜的影响, 研究发现 5 °C 下 P2 聚乙烯袋可以延缓莲蓬的褐变^[5]。但这些研究都是基于低温贮藏进行的研究, 对于农民来说在实际操作存在一定的困难。

1-甲基环丙烯 (1-MCP) 是乙烯的抑制剂, 在其浓度很低的情况下即可延缓果实成熟, 并保持许多水果和蔬菜的贮藏品质, 例如番茄、鳄梨和西兰花^[6-8]。果蜡处理是较早使用的果蔬涂膜保鲜剂, 果蜡处理可以在果实表面形成一层保护膜, 可以堵塞果实表面的气孔, 降低果实水分的流失, 还能预防微生物的侵染^[9,10]。本文通过对比常温下对莲蓬进行薄膜包裹、果蜡涂抹和 1-MCP 处理的保鲜效果, 可以为农民提供一个既有效又经济的保鲜方法, 增加莲蓬的货架期、提高莲蓬的品质, 对提高农民经济收入有重要帮助。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

新鲜莲蓬: 产自泰州溱潼, 均为当天上午 6~7 时采摘, 采摘完成后在 1 h 内将莲蓬运送至实验室; 选取直径大小约 10 cm、成熟度相当、颜色翠绿、未受到任何损伤的莲蓬放置在 25 °C 的空调房内备用。

仪器: 分析天平 AUW120D, 日本岛津; 电热恒温鼓风干燥箱 DHG-9070 型, 上海三发科学仪器有限公司; 高效液相色谱仪 U3000, 赛默飞世尔科技公司; 紫外可见分光光度计 752PRO, 上海棱光技术有限公司。

1.2 试验方法

选取 280 个新鲜莲蓬, 随机分为 4 组, 分别为: 对照组 (环境温度 25 °C、莲蓬做好标记、平铺放置)、薄膜保鲜组 (环境温度 25 °C、莲蓬采用聚乙烯保鲜袋包裹、做好标记、平铺放置)、果蜡涂抹保鲜组 (环境温度 25 °C、莲蓬采用果蜡喷涂、做好标记、平铺放置)、1-MCP 保鲜组 (环境温度 25 °C、莲蓬采用 1-MCP 处理后再装入保鲜袋、做好标记、平铺放置), 每组 70 个莲蓬; 每天每组选取 10 个莲蓬进行指标测定 (感官评价、褐变指数、失重率、硬度、可溶性固形物、有机酸、呼吸强度、丙二醛), 实验总共进行 7 d (采摘当天为实验第一天)。

果蜡涂抹: 用浓度为 50 g/L 的果蜡 (RQT-G-4, 河南瑞奇特化工有限公司), 直接喷洒至莲蓬, 等待 5 min, 晾干后装入保鲜袋内。

1-MCP: 称量 1-MCP (“鲜博士”, 咸阳西秦生物科技有限公司) 粉末 0.01 g, 放入装有莲蓬的保鲜袋中。

1.2.1 感官评价

感官评价小组采用评分法^[11]对莲蓬进行评价。评分标准见如下表格。

表 1 莲蓬感官品质评价的 9 分制法

Table 1 Nine score for sensory quality evaluation of lotus

seedpod	
评分/分	评定标准
3~4	严重萎蔫, 90%以上褐变, 不可售
5~6	严重萎蔫, 60%~89%褐变, 不可售
6~7	中度萎蔫, 30%~59%褐变, 可降价出售
7~8	轻微萎蔫, 10%~29%褐变, 可降价出售
9	无萎蔫, 10%以下面积褐变, 可出售

表 2 莲子感官品质评价的 9 分制法

Table 2 Nine-score for sensory quality evaluation of lotus seed

评分/分	评定标准
3~4	严重萎缩, 口感极差, 不可售
5~6	严重萎缩, 口感差, 不可售
6~7	中度萎缩, 口感一般, 可降价出售
7~8	轻微萎缩, 口感较好, 可降价出售
9	饱满, 口感极好, 可出售

1.2.2 褐变指数

根据褐变面积^[5]对 10 个莲蓬进行分级 (见表 3), 然后再计算褐变指数。计算的公式如下:

$$\text{褐变指数} = \frac{\sum \text{褐变等级} \times \text{各级数量}}{\text{最高褐变等级} \times \text{总数量}}$$

表3 褐变等级评定表

Table 3 Browning rating table

等级	评定标准
0级	没有褐变
1级	褐变面积不超过总面积的25%
2级	褐变面积占总面积的25%~50%
3级	褐变面积占总面积的51%~75%
4级	褐变面积超过总面积的75%

1.2.3 失重率

失重率采用直接称量法^[11]，采摘当天进行一次称量 M_1 ，取样当天进行一次称量 M_2 ，计算方法如下：

$$w/\% = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100\%$$

1.2.4 呼吸强度^[11]

采用静置法对莲蓬的呼吸强度进行检测。称取 3 个莲蓬的质量 m (g)，将莲蓬放在置有干燥剂的干燥皿中，干燥皿中放置无盖培养皿，培养皿内含 50 mL 0.1 mol/L 的氢氧化钠，盖上干燥皿的盖子，开始计时，2 h 后将培养皿取出，搅拌均匀后分别吸取 20 mL 于 2 个锥形瓶中，滴入 3 mL 饱和氯化钡溶液，振荡使其充分反应，加入 0.2 mL 酚酞，用 0.1 mol/L 的草酸滴定至无色，记录草酸消耗的体积 V_1 ；同时做空白对照，记录消耗体积为 V_0 。计算公式如下：

$$\text{呼吸放出 } CO_2 \text{ 体积} = (V_1 - V_0) \times 0.05 \times 44$$

$$\text{呼吸强度} = \text{呼吸放出 } CO_2 \text{ 体积} / (m \times 0.4 \times 2)$$

式中： V_0 ：滴定空白时消耗草酸的体积，mL； V_1 ：滴定样品时消耗草酸的体积，mL； m ：莲蓬的质量，g。

1.2.5 可溶性固形物

使用匀浆机将 10 颗莲子研磨打成浆汁，双层纱布过滤（必要时可离心），使用便携测糖仪测定。

1.2.6 丙二醛

参照 GB 5009.181 进行检测。

1.2.7 多酚氧化酶（PPO）活性

称取 1.5 g 莲子至 50 mL 锥形瓶中，加入 10.0 mL 磷酸二氢钠-磷酸氢二钠缓冲溶液(0.2 mol/L, pH 6.0)，加入 2.0 mL 邻苯二酚溶液（13 g/L），在 37 °C 恒温振荡反应 15 min 后迅速放入 0 °C 冰水中，静置 3 min，冷冻离心 10 min（4 °C，10000 r/min），滤液倒入 1 cm 比色皿，在 410 nm 下测定其吸光度，空白调零，以相对酶活（%）表示。每克样品每分钟吸光度值变化 0.001 为 1 个多酚氧化酶活力单位。

1.3 统计分析

采用 Excel 软件进行数据处理。

2 结果与分析

2.1 对莲蓬和莲子感官评价的影响

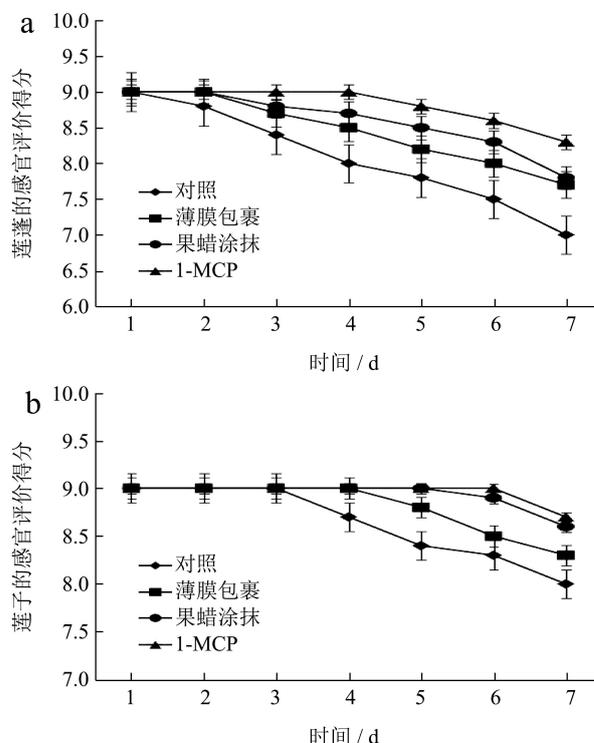


图1 不同保鲜技术下莲蓬感官随时间的变化 (a)；不同保鲜技术下莲子感官随时间的变化 (b)

Fig.1 Changes of lotus seedpod sensory with time under different preservation techniques (a); Changes of lotus seed sensory with time under different preservation techniques (b)

根据图 1 可知，莲蓬和莲子的感官评价得分都随着存储时间的延长而下降，由于莲子被莲蓬包裹起到了保护作用，而莲蓬完全暴露在外界，所以莲子的感官下降比莲蓬慢。从图 1a 可知，常温储存条件下，对照组到第 4 d，莲蓬的感官出现萎蔫，其感官得分低于 8 分，需要对其进行降价售卖；而进行薄膜包裹处理的莲蓬，其感官得分在第 4 d 仍能保持 8.5 分；除了进行薄膜包裹还额外进行果蜡涂抹和 1-MCP 处理的莲蓬，其感官得分在第 6 d 仍能保持 8.3 分。莲蓬受到果蜡、1-MCP 的保护，减少了水分的挥发，延缓了莲蓬的萎蔫和品质变化。从图 1b 可知，经过果蜡涂抹和 1-MCP 处理的莲子其感官得分在第 7 d 为 8.5 分以上，而对照组第 7 d 的莲子感官得分为 8.0 分，说明这两种保鲜技术都对莲子起到了保鲜作用。薄膜包裹可以很大程度上减少莲蓬与外界过度接触；果蜡的涂抹可以在莲蓬、莲子的表面形成一层薄膜，堵塞莲蓬表面的小孔，更深程度上将莲蓬与空气隔绝，降低了呼吸强

度,减小了蒸腾作用;1-MCP可以直接抑制莲蓬的呼吸作用,减少乙烯的产生,使莲蓬的颜色保持翠绿,延缓了莲蓬的衰老^[12,13]。

2.2 对莲蓬褐变指数的影响

褐变是新鲜莲蓬品质降低的主要原因之一。从图2可知,随着存储时间的加长,莲蓬的褐变指数增大明显;对照组的莲蓬褐变指数在第7d时达到了0.50,而1-MCP处理的莲蓬在第7d的褐变仍能保持在0.25以下。多酚氧化酶(polyphenol oxidase, PPO)是导致植物褐变的主要原因,PPO有氧条件下会与植物内源性酚类物质形成邻醌,邻醌通过自氧化途径形成聚合色素分子,产生褐变^[14]。莲蓬在存储过程中会受到外界环境的影响,莲蓬中的PPO与氧气接触越长褐变越严重。研究表明,1-MCP处理可以降低果实PPO的活性^[13,15],增强细胞抗氧化能力,减少活性氧的产生,防止脂质过氧化,保护细胞超微结构,从而减少外部褐变的发生,延长了采后货架期。

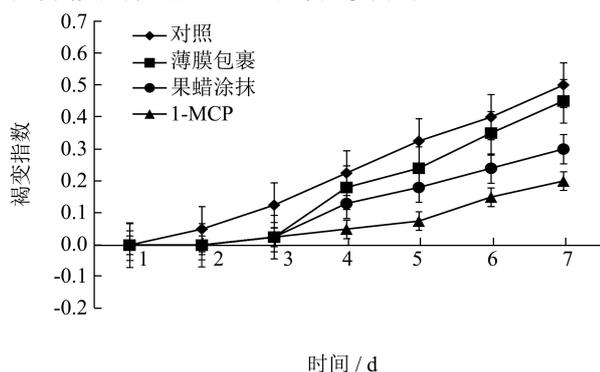


图2 不同保鲜技术下莲蓬褐变指数随时间的变化

Fig.2 Changes of browning index with time under different preservation techniques

2.3 对莲蓬失重率的影响

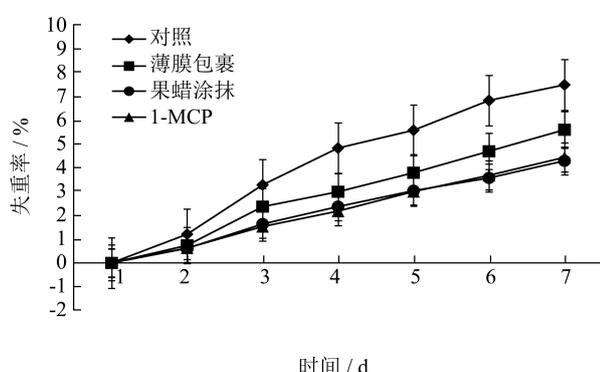


图3 不同保鲜技术下莲蓬失重率随时间的变化

Fig.3 Variation of weight loss rate of lotus seedpod with time under different preservation techniques

失重率是衡量莲蓬水分损失率的主要指标,从图

3可知,在采摘存储过程中,失重率不断升高,对照组的水分损失在第7d达到了7.46%,薄膜包裹、果蜡涂抹和1-MCP处理的水分损失在第7d分别达到了5.58%、4.28%和4.43%;与3个实验组相比,对照组的失重率要大很多,这说明三种不同的处理方法都可在一定程度上减少莲蓬水分的丢失。薄膜袋在一定程度上为莲蓬的存储形成了与外界隔绝的空间,提高了莲蓬所处环境的湿度,减轻了水分的丢失^[5]。莲蓬在第3d时水分丢失速率最大,这说明莲蓬采后的呼吸作用很强,更容易引起水分的丢失。

2.4 对莲蓬呼吸强度的影响

从图4可知,莲蓬的呼吸强度先减小后增大,在第5d达到顶峰,然后再降低。对照组的莲蓬呼吸强度始终维持在较高水平,第5d的时候达到了37.2,比第1d增加了9.41%;薄膜包裹组第5d达到了36.1,比第1天增加了6.18%;果蜡涂抹组第5d达到了35.9,比第1d增加了5.59%;1-MCP处理组第5d为34.1,比第1d增加了0.29%;3个处理组的呼吸强度都得到了不同程度的抑制,1-MCP组抑制效果最佳。呼吸作用是莲蓬采后的一个生理作用,其强度是反应新陈代谢速度的指标之一,呼吸强度过大可以加速莲蓬的衰老。影响呼吸强度变化的因素有温度、含水量和CO₂含量。莲蓬采摘后,呼吸强度不断增大,呼吸不断产生二氧化碳同时也使莲蓬含水量不断下降,当二氧化碳积累到一定浓度时反过来抑制了呼吸作用,莲蓬自身的水分的损失也对呼吸作用有一定的影响^[5,16,17]。研究表明,一定浓度的1-MCP可以降低呼吸强度和减小乙烯浓度^[12,18]。

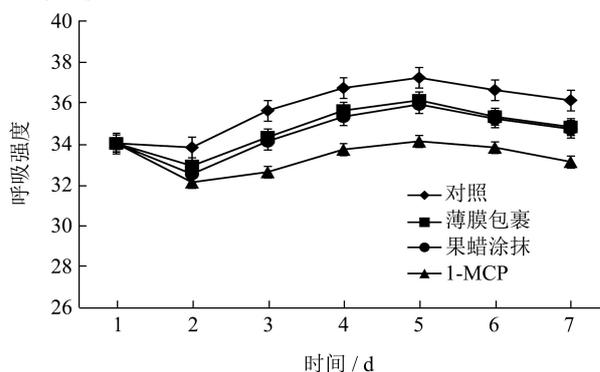


图4 不同保鲜技术下莲蓬呼吸强度随时间的变化

Fig.4 Changes of respiration intensity of lotus seedpod with time under different preservation techniques

2.5 对莲子可溶性固形物的影响

可溶性固形物指溶液中溶质的含量,在莲子中,溶质一般指的是可溶性的糖类。从图5可以看出,莲

子在储藏过程,其固形物含量不断减少。对照组在第7 d时相对第1 d减少了66.82%,薄膜包裹、果蜡涂抹、1-MCP处理组在第7 d相对第1 d分别减少了45.83%、40.19%和37.87%。对照组的减少量远比3个实验组大;这说明对莲蓬进行薄膜包裹和果蜡涂抹、1-MCP处理,可以有效的缓解莲蓬、莲子的衰老。在第3 d后,可溶性固形物的降低速度减慢,有可能的影响是莲蓬的失重率增长较快,影响了最终可溶性固形物的测定^[9]。从试验结果看,1-MCP处理的莲蓬,其可溶性固形物减少速度最慢,其延缓衰老的效果最佳。

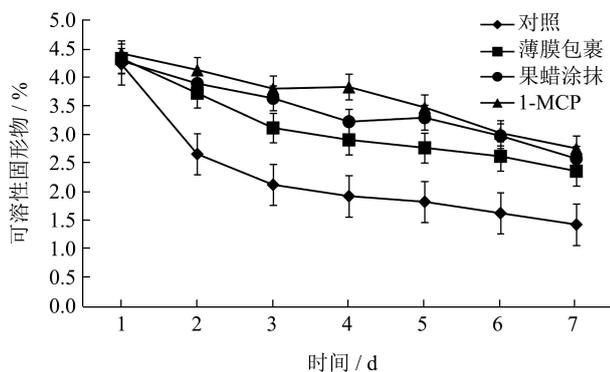


图5 不同保鲜技术下莲子可溶性固形物随时间的变化

Fig.5 Changes of soluble solids of lotus seeds with time under different preservation techniques

2.6 对莲子丙二醛浓度的影响

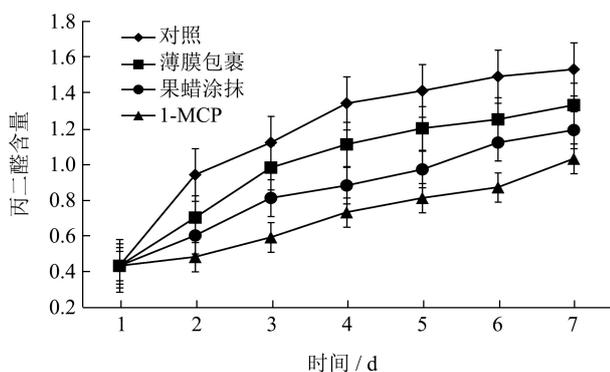


图6 不同保鲜技术下莲子丙二醛含量随时间的变化

Fig.6 Changes of malondialdehyde content of lotus seeds with time under different preservation techniques

在正常的呼吸条件下,新鲜的果实在采摘后衰老过程都会产生活性氧。活性氧的产生和清除之间的平衡发生改变,活性氧积累引起的脂质过氧化,导致对植物细胞产生氧化损伤^[19],丙二醛是脂质氧化的最终产物,是膜脂过氧化的评判指标^[20]。从图6可以看到,莲蓬的丙二醛随着存储时间不断升高,且对照组的丙二醛含量最高,第7 d达到了1.53 μmol/L,在存储初期增加速度最快,其增长速率为0.51。莲蓬在存储过

程中丙二醛不断积累升高,这说明莲蓬内部细胞发生了衰老。薄膜包裹和果蜡涂抹组的莲蓬,丙二醛在第7 d分别达到1.33 μmol/L和1.19 μmol/L,比第1 d分别增加了0.90 μmol/L和0.76 μmol/L。莲蓬在1-MCP的处理下,第7 d时丙二醛达到了1.03 μmol/L,比第1 d增加了0.60 μmol/L,这说明1-MCP处理可以减少丙二醛的增加,有效减缓莲子组织细胞的膜脂过氧化。1-MCP可以增强果实的抗氧化能力,降低过高的超氧自由基和过氧化氢浓度,减少了氧化损伤^[21]。

2.7 对莲子PPO活性的影响

从图7可以看出,对照组莲子的PPO活性在贮存初期急剧上升,在第3 d的时候相对酶活达到了最高峰116%,比第1 d增加了84%,随后就逐渐降低,但莲蓬的褐变指数仍随着时间的延长而增大(见图2);经过1-MCP处理的莲子,其PPO活性增长缓慢,第5 d时达到最高52%,比第1 d增加了20%。在贮存初期,莲蓬采摘后其组织细胞遭到破坏,造成膜系统损伤,酚类物质增多,促使PPO活性增大^[5],因此PPO活性呈现先上升的趋势;随着贮藏时间的加长,酚类物质含量下降,其PPO活性下降。研究表明^[15],1-MCP可以降低果实的PPO活性。

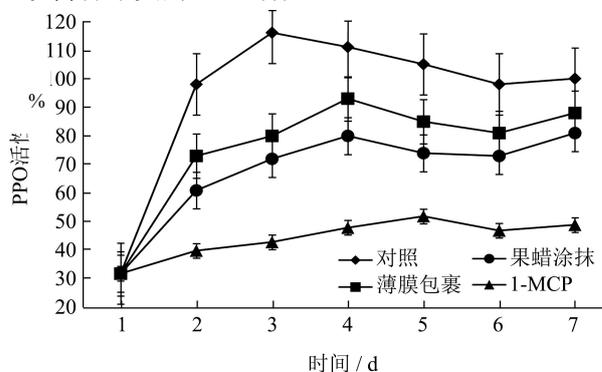


图7 不同保鲜技术下莲子PPO活性随时间的变化

Fig.7 Changes of PPO activity of lotus seeds with time under different preservation techniques

从试验结果来看,在常温下莲蓬的保鲜周期都不长,但是薄膜包裹、果蜡涂抹和1-MCP处理都在一定程度上延长了莲蓬和莲子的保存时间。薄膜包裹处理,能够有效减少蒸腾作用的发生,减少莲蓬水分的流失,起到延长贮藏期限的效果^[17]。果蜡涂抹处理把莲蓬的空隙封闭了,抑制了莲蓬的呼吸作用,减少了水分的蒸发,减缓莲蓬的衰老,从而起到保鲜作用^[22]。根据试验数据,1-MCP处理的保鲜效果最佳,1-MCP在常温中会以气体形式存在,它除了能够抑制乙烯的催熟作用,还减少了莲蓬周围的氧气浓度,抑制了莲蓬的呼吸作用^[13,23]。

3 结论

本研究采用不同的保鲜技术对莲蓬进行处理,结果表明,薄膜保鲜、果蜡涂抹和 1-MCP 处理在常温条件下,都能对莲蓬和莲子起到一定的保鲜作用,而从数据结果看,1-MCP 处理的方法对莲蓬的保鲜效果最好。1-MCP 处理可以作为一种供农民使用的有效、方便、经济的方法,以延长莲蓬的货架期。

参考文献

- [1] Luo H L, Liu X X, Huang X Y, et al. Chemical deterioration of lotus seeds during storage [J]. Journal of Food Quality, 2016
- [2] Rai S, Wahile A, Mukherjee K, et al. Antioxidant activity of *Nelumbo nucifera* (sacred lotus) seeds [J]. Journal of Ethnopharmacology, 2006, 104(3): 322-327
- [3] 隋棠,李志文,张瑛,等.箱式气调对鲜食莲蓬贮藏品质和生理的影响[J].保鲜与加工,2018,18(6):31-38
SUI Tang, LI Zhi-wen, ZHANG Ying, et al. Effect of box-type modified atmosphere technology on storage quality and physiological of fresh lotus [J]. Storage and Process, 2018, 18(6): 31-38
- [4] 王建辉,靳娜,刘永乐,等.低温处理对湘莲采后生理变化的影响[J].食品科学,2014,35(18):209-213
WANG Jian-hui, JIN Na, LIU Yong-le, et al. Effect of low temperature on postharvest physiology of Xiang lotus seeds [J]. Food Science, 2014, 35(18): 209-213
- [5] 朱雁青,胡花丽,郭峰,等.不同薄膜包装对鲜莲蓬褐变的影响[J].食品与发酵工业,2014,40(10):97-102
ZHU Yan-qing, HU Hua-li, GUO Feng, et al. Effect of different film packaging on browning of fresh lotus seed [J]. Food and Fermentation Industries, 2014, 40(10): 97-102
- [6] Su H, Gubler W D. Effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on reducing postharvest decay in tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) [J]. Postharvest Biology & Technology, 2012, 64(1): 133-137
- [7] Jeong J. Influence of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on ripening and cell-wall matrix polysaccharides of avocado (*Persea americana*) fruit [J]. Postharvest Biology & Technology, 2002, 25(3): 241-256
- [8] Maria Eugenia Gomez-Lobato, Joaquin Hector Hasperue, Civello P M, et al. Effect of 1-MCP on the expression of chlorophyll degrading genes during senescence of broccoli (*Brassica oleracea* L.) [J]. Scientia Horticulturae, 2012, 144(none)
- [9] 姜楠,王蒙,韦迪哲,等.果蜡保鲜技术研究进展[J].食品安全质量检测学报,2015,2:596-601
JIANG Nan, WANG Meng, WEI Di-zhe, et al. Progress on wax coating researches for fruits [J]. Food Safety and Quality Detection Technology, 2015, 2: 596-601
- [10] Chen H, Wang C, Ye J, et al. Synthesis and properties of a lacquer wax-based quarternary ammonium gemini surfactant [J]. Molecules, 2014, 19: 3596-3606
- [11] 于胜爽.莲蓬保鲜与莲子真空油炸工艺的研究[D].杭州:浙江工商大学,2013
YU Sheng-shuang. Study on preservation of lotus and vacuum frying technique of lotus seeds [D]. Hangzhou: Zhejiang Gongshang University, 2013
- [12] Able A J, Wong L S, Prasad A, et al. The effects of 1-methylcyclopropene on the shelf life of minimally processed leafy Asian vegetables [J]. Postharvest Biology & Technology, 2003, 27(2): 157-161
- [13] Li P, Hu H, Luo S, et al. Shelf life extension of fresh lotus pods and seeds (*Nelumbo nucifera* Gaertn.) in response to treatments with 1-MCP and lacquer wax [J]. Postharvest Biology and Technology, 2017, 125: 140-149
- [14] 贺玉珊,刘小如,邓泽元,等.莲子多酚氧化酶的分离与纯化[J].食品工业科技,2016,37(9):64-68
HE Yu-shan, LIU Xiao-ru, DENG Ze-yuan, et al. Purification and isolation of polyphenol oxidase from lotus seed [J]. Science and Technology of Food Industry, 2016, 37(9): 64-68
- [15] Reuck K D, Sivakumar D, Korsten L. Integrated application of 1-methylcyclopropene and modified atmosphere packaging to improve quality retention of litchi cultivars during storage [J]. Postharvest Biology & Technology, 2009, 52(1): 71-77
- [16] Escalona V H, Verlinden B E, Geysen S, et al. Changes in respiration of fresh-cut butterhead lettuce under controlled atmospheres using low and superatmospheric oxygen conditions with different carbon dioxide levels [J]. Postharvest Biology and Technology, 2006, 39(1): 48-55
- [17] 李灿,饶景萍,李善菊.薄膜包装在果蔬采后保鲜上的应用[J].北方园艺,2010,3:162-165
LI Chan, RAO Jing-ping, LI Shan-ju. Application of film packaging in postharvest preservation of fruits and vegetables [J]. Northern Horticulture, 2010, 3: 162-165

(下转第 311 页)