

均衡自发气调贮藏保鲜莱阳梨

姜齐永, 刘 萌, 杨恒明, 周志才*, 王美兰

(烟台大学食品科学与工程研究所, 山东 烟台 264005)

摘 要: 以莱阳梨为试材, 研究莱阳梨均衡自发气调贮藏的条件和效果。结果表明, EMAP贮藏能够较好地保持果实的硬度; 抑制PPO活性, 贮藏120d后, CK组PPO活性为40.9U/g, 远高于EMAP组的28.4U/g, 两者差异显著($P < 0.05$); 延缓POD活性的降低和膜透性的升高, 贮藏120d后, EMAP组POD活性为0.25U/g, 显著高于CK组的0.04U/g, 使用EMAP冷藏的梨果膜透性上升及变化幅度较CK组小, 两者的差异极显著($P < 0.01$); 减少VC含量的损失, 贮藏至30d时, EMAP处理与CK相比梨果的VC含量较高, 两者差异极显著($P < 0.01$)。研究得到的莱阳梨EMAP贮藏的适宜气体组成为: 2.2% CO₂和14.0% O₂, 或者2.6% CO₂和12.9% O₂, 在此条件下, 莱阳梨的贮藏期可以达到200d以上。

关键词: 莱阳梨; 均衡自发气调贮藏; 保鲜

Fresh-keeping Effect of Equilibrium Modified Atmosphere Packaging on Laiyang Pears

JIANG Qi-yong, LIU Meng, YANG Heng-ming, ZHOU Zhi-cai*, WANG Mei-lan

(Research Institute of Food Science and Engineering, Yantai University, Yantai 264005, China)

Abstract: In this paper, the fresh-keeping effect of equilibrium modified atmosphere packaging (EMAP) conditions on quality parameters of Laiyang pears was explored. Results indicated that EMAP storage maintained a good level of fruit firmness, and inhibited the activity of polyphenol oxidase (PPO). After 120 days of the storage, the control group (without any packaging treatment) showed a PPO activity of 40.9 U/g, even higher than 28.4 U/g of the EMAP group, with a significant difference ($P < 0.05$). EMAP treatment delayed the reduction in peroxidase (POD) activity and the increase in membrane permeability; the activity of POD in the EMAP group was 0.25 U/g, significantly higher than 0.04 U/g of the control group; and relative membrane permeability of EMAP-packaged pears was increased to a lower level after 120 days of the storage, with a smaller amplitude fluctuation over the entire storage period, and there was a extremely significant difference between the two groups ($P < 0.01$). A reduction in vitamin C loss was observed for the EMAP group as compared to the control. After 30 days of the storage, the content of vitamin C in the EMAP group was higher than that in the control and the difference between them was exceedingly significant ($P < 0.01$). The optimum gas composition for EMAP storage of Laiyang pears was found to be made up of 2.2% CO₂ and 14.0% O₂ or of 2.6% CO₂ and 12.9% O₂. The shelf life of Laiyang pears stored in two such atmospheric environments could reach up to more than 200 days.

Key words: Laiyang pear; quilibrium modified atmosphere packaging (EMAP); fresh-keeping

中图分类号: TS255.3; S661.2

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2011)04-0258-06

莱阳梨(*Pyrus pyrifolia*)亦称荏梨, 因产在山东莱阳县而得名, 已经有300多年的栽培历史。莱阳梨果实硕大, 呈倒卵形, 果皮在成熟期呈黄绿色, 果点甚大, 果面粗糙, 萼部凹入, 有褐色锈斑, 看上去并不美观, 但肉质细腻, 清脆香甜, 浆多欲滴, 含糖量约14%, 比一般梨高2%~3%, 还含有各种有机酸、维生素等^[1]。但莱阳梨采后呼吸强度较大, 常温下不耐贮藏, 易造

成产地货物积压而腐烂变质。

目前, 梨的贮藏保鲜方法主要有窖藏、普通冷藏、辐射贮藏^[2]和气调贮藏^[3-4]等。气调贮藏已经成功地用于延长果蔬的货架期, 保持果实品质和抑制贮藏病害发生。刘恩等^[5]研究发现, 降低空气中O₂体积分数能减少莱阳梨果肉切片乙烯的生成。王春生等^[6]在(0 ± 1)℃条件下, 研究不同气体组分对玉露香梨果实采后生

收稿日期: 2010-09-14

基金项目: 山东省科技攻关项目(2005GG1109002)

作者简介: 姜齐永(1985—), 男, 硕士研究生, 研究方向为农产品加工及贮藏工程。E-mail: jiangqiyong88888@163.com

* 通信作者: 周志才(1955—), 男, 教授, 本科, 研究方向为农产品加工及贮藏工程。E-mail: zzc555@ytu.edu.cn

理及贮藏品质的影响。结果表明,适当的低体积分数 O_2 可有效地延缓玉露香梨贮藏过程中果实硬度和可溶性固形物含量的下降,减缓果肉组织相对电导率的升高,抑制 PPO 活性的上升。玉露香梨适宜的气体指标阈值为 CO_2 体积分数 $< 1\%$, O_2 体积分数为 $5\% \sim 10\%$ 。Nielsen 等^[7]将 'Clara Frijs' 梨置于贮藏温度 $0^\circ C$, 相对湿度 $95\% \sim 97\%$, 在 $2\% \sim 5\%$ O_2 和 0.1% CO_2 气调环境下,贮藏 10 周后发现仍然有着较好的品质。气调库成本较高,未能广泛应用,目前研究较热的为均衡自发气调贮藏 (equilibrium modified atmosphere packaging, EMAP)。有关梨的自发气调贮藏已有少量报道,佟伟等^[8]用 $0.04mm$ 低密度聚氯乙烯薄膜为包装材料贮藏 3 个西洋梨品种,发现不适宜的薄膜能够造成 CO_2 伤害。贾晓辉等^[9]采用 $0.02mm$ 厚的聚乙烯袋 (PE) 薄膜和 $0.04mm$ 厚的低密度聚氯乙烯 (PVC) 薄膜为包装材料贮藏阿巴特梨,结果表明自发气调包装对阿巴特梨有较好的保鲜效果。关于莱阳梨的自发气调包装研究却未有报道。

本研究采用均衡自发气调贮藏的方法进行莱阳梨的保鲜实验,旨在使果实通过呼吸作用和薄膜渗气而调节袋内气体成分,达到延长贮藏期的目的。这对提高莱阳梨的贮藏质量,调节莱阳梨淡季市场的均衡供应,满足人们对特色果品的需求具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

供试品莱阳梨于 2009 年 9 月 14 日采自山东省莱阳市果园,采后 2 h 运回烟台大学。挑选无机械损伤、无病虫害、带果柄的果实为试材,置于温度 $(1 \pm 0.5)^\circ C$, 相对湿度 $90\% \sim 95\%$ 的机械冷库中预冷 24 h。

供试的 EMAP 包装袋由烟台市清泉塑料制品有限公司生产。首先用改性后的高压聚乙烯为原料吹制成薄膜,再根据试验要求制成不同厚度、不同面积的保鲜袋。该 EMAP 包装袋具有透气性好、化学性能稳定、密封性好、无污染、价格便宜等优点。

草酸 (AR) 天津市北方化玻购销中心;抗坏血酸 (AR) 齐鲁石化公司研究院试剂厂;愈创木酚 (CR) 国药集团化学试剂有限公司;邻苯二酚 (CR) 亨达精细化学品有限公司;焦性没食子酸 (AR) 天津市九茂化学仪器供应站;氯化钡、磷酸氢二钠、磷酸二氢钾、重铬酸钾、硫酸、硫脲、2,4-二硝基苯肼和活性炭均为分析纯。

1.2 仪器与设备

TU-1901 紫外分光光度计、GC1100 气相色谱仪 北京谱析通用仪器有限责任公司;HSJ-05B 顶空进样器 北京雷德科技发展有限公司;双列四孔电热恒温水浴锅、可调万用电炉 (220V, 1000W)、CAV213C 分析天平 龙口市先科仪器公司;SHB-III 循环水式多用真空泵 郑州长城科工贸有限公司;TGL-16G 离心机 上海安亭科

学仪器厂;ZK-82A 真空干燥箱 江苏省金坛市医疗仪器厂;WYT(0~80%)手持糖度计 成都光学仪器厂;GY-1 硬度计 牡丹江机械研究所;SL230-A4 榨汁机 中山市好妈咪电器厂;QF-190 奥式气体分析仪 上海华岩仪器公司;DS-1 组织捣碎机 上海标本模型厂。

1.3 方法

1.3.1 莱阳梨贮藏正交试验

为获得最佳贮藏条件,选用薄膜厚度 (D)、薄膜面积 (A)、贮藏量 (W) 为试验因素进行正交试验,正交表选用 $L_9(3^3)$, 因素和水平见表 1。首先将预冷后的梨果按照正交设计方案进行分装,然后在 EMAP 包装袋的上方安装由玻璃管、乳胶管和止水夹组成的抽气装置,用聚丙烯绳扎紧袋口。每个试验编号设 3 个重复。取未进行任何包装处理的梨果 5 kg 置于单独筐内,作为普通冷藏对照组 (CK)。所有梨果均置于温度 $(1 \pm 0.5)^\circ C$ 、相对湿度 $90\% \sim 95\%$ 的机械冷库中贮藏。试验过程中,每隔 5 d 测定一次气体体积分数,直到气体体积分数相对稳定;每隔 30 d 测定一次理化指标,至 120 d 测定 5 个点;贮藏 200 d 结束时,测定所有袋内梨果理化指标,并进行感官评价。

表 1 莱阳梨贮藏正交试验因素和水平

Table 1 Coded factors and their coded levels in orthogonal array design

水平	D 薄膜厚度/ μm	A 薄膜面积/ m^2	W 贮藏量/kg
1	19.4	0.25	2.5
2	24.0	0.30	5.0
3	32.9	0.35	7.5

1.3.2 测定项目和方法

1.3.2.1 硬度的测定

挑取 5 个代表性的梨果,每个梨果取 5 个点,使用硬度计 (探头直径 3 mm) 测定果实横径最大部位去皮后的果肉硬度。

1.3.2.2 可溶性固形物含量的测定

可溶性固形物含量用手持折光仪测定^[10]。取 3 个果实,用四分法取样,榨汁机榨取果汁于 50 mL 小烧杯中,混合均匀后用手持折光仪在 $20^\circ C$ 条件下测定,重复 3 次,取平均值。

1.3.2.3 相对膜透性的测定

相对膜透性用电导仪测定^[11]。将去皮果实切成 $0.8cm \times 0.8cm \times 0.4cm$ 的小块,称取 10.0 g,用去离子水洗涤,再用滤纸吸干后加入 50.0 mL 去离子水,在 $30^\circ C$ 恒温箱内保温 1 h 后,用电导率仪测定其电导率 (A_0),再加热至沸 15 min 冷却后测其电导率 (A_1)。

$$\text{膜透性}/\% = A_0/A_1 \times 100$$

1.3.2.4 多酚氧化酶 (polyphenylene oxide, PPO) 和过氧

化物酶(peroxidase, POD)比活力的测定^[12-13]

酶液的提取:取5个梨,各切取四分之一(去除果心、种子、果皮)于榨汁机中榨取梨浆,混匀,取20mL磷酸缓冲溶液(pH6.81)于小烧杯中,放于电子天平上归零,倒入20g左右的梨浆,搅拌,用纱布过滤于50mL容量瓶中,用磷酸缓冲溶液定容至刻度。

POD比活力的测定:取3.00mL磷酸缓冲溶液(pH 6.81),2.00mL 0.05mol/L 愈创木酚溶液,1.00mL 2% 双氧水溶液,2.00mL 酶液于试管中,立即于30℃的恒温水浴锅中保温30min。以3.00mL磷酸缓冲溶液(pH6.81),2.00mL 0.05mol/L 愈创木酚溶液,1.00mL 2% 双氧水溶液,2.00mL 煮沸失活的酶为参比,用双光束紫外可见分光光度计在波长470nm处测反应体系的吸光度(A),根据测定值计算其比活力。

PPO酶比活力的测定:取3.00mL磷酸缓冲溶液(pH6.81),2.00mL 0.1000mol/L 儿茶酚溶液,2.00mL 酶液于试管中,以3.00mL磷酸缓冲溶液(pH6.81),2.00mL 0.1000mol/L 儿茶酚溶液,2.00mL 煮沸失活的酶为参比,立即用双光束紫外可见分光光度计在波长420nm处测反应体系的吸光度(A),每隔10s记录一个吸光度,直至基本恒定。做吸光度随时间变化图,截取一段线性曲线计算其比活力。

$$\text{比活力}/(\text{U/g}) = \Delta A / (0.01 \times W \times T) \times D$$

式中: ΔA 为反应时间内吸光度的变化; ΔW 为莱阳梨梨浆质量/g; T 为反应时间/min; D 为稀释倍数,即提取的总酶液为反应体系内酶液的倍数。

1.3.2.5 VC的测定

参照GB12392—90《蔬菜、水果及其制品中总抗坏血酸的测定方法:2,4-二硝基苯肼比色法》。

1.3.2.6 褐变指数的测定

参照霍君生等方法^[14],将果实沿果心部位横切,以其切面上果心组织褐变面积划分褐变级别:无褐变为0级;果实褐变面积小于25%为2级;果实褐变面积在25%~50%为3级;50%~75%为4级;褐变面积大于75%为5级,检查果数为30个。

$$\text{果实组织褐变指数}/\% = \Sigma(\text{褐变级别} \times \text{该级别果数}) / (5 \times \text{检查果数}) \times 100$$

1.3.2.7 腐烂指数的测定

在贮藏结束时(200d)进行统计,根据莱阳梨的腐烂程度分为4级:0级为果面无腐烂现象;1级为果面腐烂面积在(0~1/10);2级为果面腐烂面积在(1/10~1/4);3级为果面腐烂面积在(1/4~1/2);4级为果面腐烂面积在(1/2~1)。

$$\text{腐烂指数}/\% = (\text{腐烂级别} \times \text{该级别果数}) / (\text{最高级别} \times \text{总果数}) \times 100$$

1.3.2.8 好果率的测定

用目测法目测其外观、果肉综合评判果实好坏。

果实外观完好,无褐变和腐烂发生则为好果,否则为坏果。

$$\text{好果率}/\% = \text{表面完好且果肉正常的硬脆果} / \text{检验总果数} \times 100$$

1.3.2.9 气体测试方法

用气体分析仪测定袋内O₂和CO₂的含量,分别取每组3个平行测定的平均值。

1.4 统计分析

试验数据应用SPSS 13.0 for Windows软件进行统计处理,采用ANOVA进行邓肯氏多重差异分析。

2 结果与分析

2.1 莱阳梨EMAP贮藏的气体组成研究

2.1.1 贮藏的平衡气体组成

表1中不同EMAP处理的莱阳梨,在贮藏过程中O₂、CO₂的平衡体积分数如表2所示。

表2 莱阳梨贮藏气体稳定时不同包装袋内CO₂和O₂含量
Table 2 Nine different combinations of three conditions from orthogonal array design and corresponding equilibrium gas composition

试验号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
D 薄膜厚度/ μm	19.4	19.4	19.4	24.0	24.0	24.0	32.9	32.9	32.9
A 薄膜面积/ m^2	0.25	0.30	0.35	0.25	0.30	0.35	0.25	0.30	0.35
W 贮藏量/kg	2.5	5	7.5	5	7.5	2.5	7.5	2.5	5
O ₂ 体积分数/%	14.0 ^{bc}	15.0 ^b	12.9 ^{bc}	14.8 ^b	13.3 ^{bc}	14.7 ^b	8.2 ^d	11.1 ^c	18.5 ^a
CO ₂ 体积分数/%	2.2 ^c	1.8 ^{cd}	2.6 ^c	1.8 ^{cd}	2.4 ^c	3.5 ^b	4.7 ^a	4.0 ^{ab}	1.0 ^d

注:同一指标栏中数字后面的字母不同表示两者差异显著($P < 0.05$)。

由表2可以看出,不同EMAP处理贮藏的莱阳梨的平衡气体指标不同。试验7袋内的氧气含量最低,体积分数为8.2%,与其他各组相比差异都显著($P < 0.05$);二氧化碳含量最高,体积分数为4.7%,与试验1、2、3、4、5、6、9组相比差异显著。这可能是因为试验7组薄膜最厚,贮藏质量最大,袋的面积最小引起的。不同EMAP处理可以得到不同的平衡气体组成,其中有的适合莱阳梨的EMAP贮藏,有的则不适合,其差异在于每种处理的D、A、W组合不同,袋内平衡气体组成也不同。

2.1.2 贮藏的气体体积分数变化规律

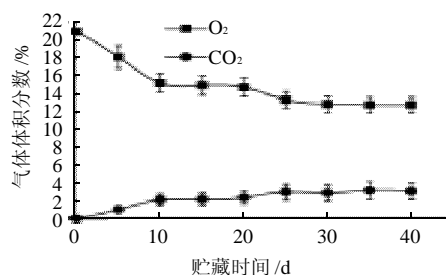


图1 气体体积分数随贮藏时间的变化

Fig.1 Changes in EMAP gas composition during storage

图1为试验3组EMAP处理的莱阳梨在贮藏期间O₂、CO₂气体体积分数的变化规律。当EMAP封口后,在前10d, O₂体积分数逐渐下降, CO₂体积分数逐渐升高,变化趋势明显。在10~25d, CO₂和O₂体积分数处于小幅度波动期,而后CO₂和O₂体积分数基本达到恒定。莱阳梨进入EMAP贮藏后,贮藏前期呼吸强度较大,所以袋内气体体积分数变化显著,随着贮藏时间的延长,袋内CO₂体积分数逐渐增大, O₂体积分数逐渐减小,呼吸强度得到抑制,气体体积分数变化平缓。当贮藏一定时间后,果实呼吸和薄膜透气达到一个平衡的状态,此时袋内二氧化碳和氧气体积分数达到相对稳定^[15]。在贮藏期间,其他不同型号的EMAP贮藏的莱阳梨,袋内O₂、CO₂气体变化趋势与图1类似,在一定时间内都有一个相对平衡的气体组成(表2)。

2.1.3 莱阳梨EMAP贮藏适宜气体组成的确定

表3 莱阳梨用不同EMAP处理的品质指标(贮藏200d)

Table 3 Quality parameters of Laiyang pears after 200 days of storage under different EMAP conditions

试验号	膜透性/%	POD/(U/g·min)	PPO/(U/g·min)	硬度/(10 ⁵ Pa)	可溶性固形物/%	VC/(mg/100g)	褐变指数/%	腐烂指数/%	好果率/%
1	48.33 ^c	0.3371 ^a	12.05 ^d	5.19 ^a	10.00 ^{de}	0.5809 ^a	0.3 ⁱ	0.0 ^b	99.3 ^b
2	49.99 ^c	0.3445 ^a	48.68 ^b	3.11 ^{ef}	10.53 ^{bcd}	0.1310 ^{ef}	4.7 ^d	2.7 ^f	96.7 ^c
3	36.72 ^d	0.3580 ^a	46.18 ^b	4.72 ^{ab}	9.67 ^e	0.5690 ^a	0.8 ^h	0.0 ^b	99.7 ^a
4	52.24 ^c	0.3498 ^a	35.20 ^c	4.51 ^{bc}	10.80 ^b	0.1782 ^{de}	2.3 ^f	5.9 ^d	96.7 ^c
5	59.23 ^b	0.3160 ^b	32.56 ^c	4.00 ^{cd}	10.63 ^{bcd}	0.2360 ^d	1.0 ^g	8.7 ^b	91.3 ^d
6	50.00 ^c	0.3580 ^a	5.26 ^e	4.42 ^{bc}	10.07 ^{de}	0.0710 ^f	2.3 ^f	1.6 ^g	96.7 ^c
7	76.23 ^a	0.3677 ^a	11.29 ^{de}	3.69 ^{de}	10.77 ^{bc}	0.4370 ^b	8.3 ^b	5.2 ^c	88.2 ^e
8	60.12 ^b	0.2492 ^b	56.44 ^a	3.34 ^e	11.10 ^b	0.3399 ^c	5.5 ^c	8.7 ^b	89.6 ^d
9	51.29 ^c	0.3059 ^{ab}	10.99 ^{de}	4.20 ^{bcd}	10.10 ^{cde}	0.2393 ^d	2.8 ^e	6.4 ^c	90.7 ^c
CK	65.80 ^b	0.0389 ^c	14.00 ^d	2.52 ^f	13.77 ^a	0.3206 ^c	92.1 ^a	90.2 ^a	0 ^b

注:同一列栏中数字后面的字母不同表示两者差异显著($P < 0.05$)。

表3结果显示:使用不同EMAP处理的莱阳梨的贮藏质量是不同的。试验3好果率最高,达到99.7%,其次为试验1。而试验7、试验8好果率相对较低,分别为88.2%和89.6%,远小于试验1和试验3组,差异显著($P < 0.05$)。其他各组好果率为试验2=试验4=试验6>试验5>试验9,CK组好果率为0。用EMAP贮藏的各组莱阳梨的褐变指数和腐烂指数远小于CK组($P < 0.05$),CK组褐变指数和腐烂指数都超过90%。褐变指数最低的为试验1,其次为试验3,其他各袋都高于这两组($P < 0.05$),试验5=试验8>试验9>试验4>试验7>试验2>试验6。贮藏200d后,试验1和试验3没有腐烂发生,腐烂指数为0,而CK组最高达到90.2%。其他各组腐烂指数顺序为试验6>试验5=试验8>试验9>试验4>试验7>试验2。从表3中还可以看出,试验1和试验3两组莱阳梨理化指标优于其他组梨果($P < 0.05$)。其中,试验3组膜透性仅为36.72%,试验1组膜透性为48.33,小于其他各组。试验3组硬度为 4.72×10^5 Pa,试验1组硬度为 5.19×10^5 Pa,是

CK组的2倍,远高于其他各组处理的梨果。试验1和试验3组的VC含量也高于其他各组。

综上所述,试验1和试验3能够较好地保持果实的硬度,抑制PPO和POD的活性降低和膜透性的升高,减少VC含量的损失,较好地保持莱阳梨的感官品质。这说明上述两组EMAP更容易形成利于莱阳梨贮藏的气体组分。其中试验1对应的EMAP条件为:薄膜厚度19.4 μ m、薄膜面积0.25m²、贮藏量为2.5kg,袋内气体组成为2.2% CO₂和14.0% O₂;试验3对应的EMAP条件为薄膜厚度19.4 μ m、薄膜面积0.35m²、贮藏量为7.5kg,袋内气体组成为2.6% CO₂和12.9% O₂。因此,本研究得到的莱阳梨EMAP贮藏的适宜气体组成为2.2% CO₂和14.0% O₂,或者2.6% CO₂和12.9% O₂。

2.2 莱阳梨EMAP贮藏的生理指标变化研究

在贮藏期间,不同型号EMAP贮藏的莱阳梨,生理指标变化趋势类似,以下仅以试验3组为例。

2.2.1 相对膜透性变化

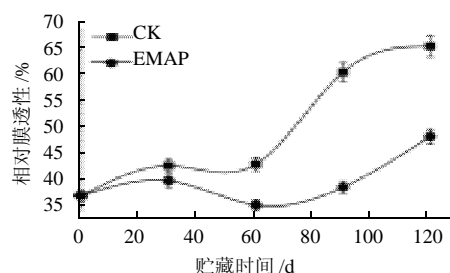


图2 相对膜透性随贮藏时间的变化

Fig.2 Changes in membrane permeability of pears with and without EMAP treatment

相对膜透性是果实生理变化的一个重要指标,可以反映细胞衰老和遭受破坏的程度。当果实处在适宜的贮藏环境时,膜透性一般是以较慢的速度上升,细胞具有较高的完整性,果实的贮藏期长。而当果实处在不适宜环境中时,细胞膜透性往往较正常情况高^[16]。由图2可以看出,随着贮藏时间的延长,EMAP处理与CK处理果实的膜透性都呈上升趋势。但使用EMAP冷藏的梨果膜透性上升及变化幅度较小,两者的差异极显著($P < 0.01$)。由此可见,EMAP冷藏可以减缓莱阳梨果实的衰老。

2.2.2 POD及PPO比活力变化

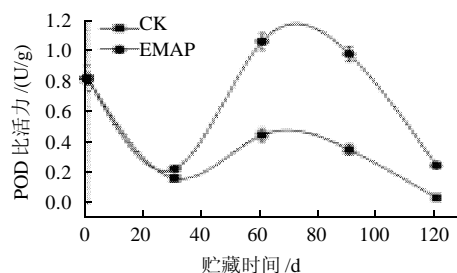


图3 POD比活力随贮藏时间的变化

Fig.3 Changes in POD activity of pears with and without EMAP treatment

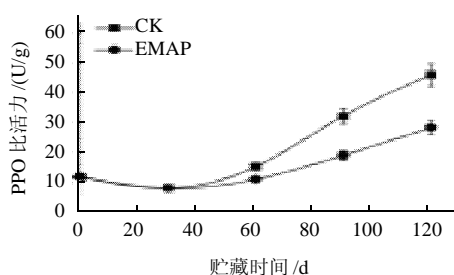


图4 PPO比活力随贮藏时间的变化

Fig.4 Changes in PPO activity of pears with and without EMAP treatment

过氧化物酶(POD)在植物生长发育过程中起着重要的作用,与植物的呼吸作用、光合作用及吲哚乙酸的氧化等生化反应有关,在代谢中调控生长素含量水平,消除体内产生过氧化氢的毒害作用,同时还与果实褐变有着密切关系^[16]。由图3可知,莱阳梨在两种处理过程中的POD活性变化趋势大体相似:前30d,两种贮藏方式下的梨果POD活性都下降,且差异不明显($P > 0.05$),随后逐渐升高,至贮藏70d时,EMAP贮藏梨果POD活性远高于CK组,两者差异极显著($P < 0.01$)。与CK组相比,EMAP贮藏较好的维持了POD的活性,延缓了梨果的衰老。

多酚氧化酶(PPO)可以催化酚类物质转化为醌,并由此引起果实的组织褐变^[17]。PPO活性越高,梨果越容易褐变。由图4可知,在贮藏过程中,两种处理的莱阳梨的PPO活性呈现逐渐上升的变化趋势,但用EMAP贮藏的莱阳梨PPO活性上升程度较低。贮藏120d后,CK组PPO活性为40.9U/g,远高于EMAP组的28.4U/g,两者差异显著($P < 0.05$)。可见,EMAP冷藏减缓了PPO活性上升的速率,可以防止果实褐变的发生。

2.2.3 莱阳梨硬度变化

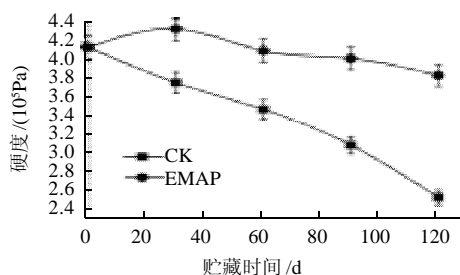


图5 莱阳梨硬度随贮藏时间的变化

Fig.5 Changes in firmness of pears with and without EMAP treatment

由图5可知,随着贮藏时间的延长,不同贮藏方式下的莱阳梨硬度都呈下降趋势。与CK组相比,EMAP贮藏的梨果硬度一直处于较高水平,贮藏120d时硬度为

$3.84 \times 10^5 \text{Pa}$,是CK组的1.5倍,两者差异显著($P < 0.05$)。随着呼吸作用的进行和贮藏时间的延长,果实的营养物质消耗,不溶性果胶逐渐减少,果实的硬度下降。EMAP贮藏的梨果,由于袋内 O_2 体积分数不断减少, CO_2 体积分数不断增加,抑制了梨果的呼吸作用,果实硬度下降缓慢。与普通冷藏相比,EMAP冷藏的梨果较好地保持了果实的硬度。

2.2.4 可溶性固形物变化

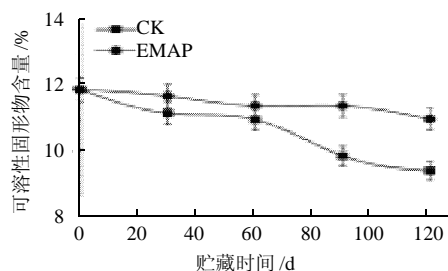


图6 可溶性固形物含量随贮藏时间的变化

Fig.6 Changes in soluble solid content of pears with and without EMAP treatment

由图6可以看出,莱阳梨在贮藏过程中可溶性固形物含量呈下降趋势。EMAP处理与CK相比,可溶性固形物含量下降缓慢。贮藏120d后EMAP处理为11.0%,而CK为9.4%,两者差异显著($P < 0.05$)。莱阳梨在贮藏过程中,由于果实的呼吸和代谢作用依然存在,在酶的催化下能将糖、酸等有机物经过复杂的生物氧化过程逐渐分解,造成可溶性固形物减少。EMAP贮藏能有效降低可溶性固形物减少的速率。

2.2.5 VC含量变化

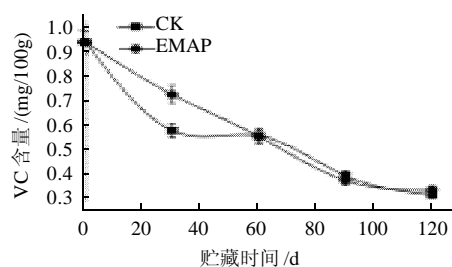


图7 VC含量随贮藏时间的变化

Fig.7 Changes in vitamin C content of pears with and without EMAP treatment

VC又称为抗坏血酸,是反映果实营养成分的重要指标。VC是一种己糖醛基酸,自身很容易被氧化为脱氢抗坏血酸,然后进一步水解为2,3-二酮古乐糖酸,同时也失去了抗坏血酸应有的生理活性。从图7可以看出,不同贮藏方式下的梨果VC含量都呈下降趋势。贮藏至30d时,EMAP处理与CK相比梨果的VC含量较高,两者差异极显著($P < 0.01$),60d以后,两者差异不显著($P > 0.05$)。

3 讨 论

莱阳梨EMAP贮藏是利用改性后的聚乙烯薄膜制备,具有透气性能好、化学性能稳定、耐低温、密封性好、无污染、价格便宜等优点。将采后莱阳梨放入EMAP密封贮藏后,即可产生两个作用:一是果实呼吸作用导致袋内气体成分发生改变;二是薄膜袋内外分压不同而出现的薄膜渗气,气体从分压高的一侧向低的一侧移动。对莱阳梨贮藏量、薄膜的面积和厚度等多方面进行综合选择,就可以使EMAP内CO₂和O₂保持在适当的体积分数范围,达到延长贮藏期的目的^[18]。这一方面是由于低氧和高二氧化碳抑制了梨果的呼吸和代谢作用,延缓了梨果的衰老;另一方面,低氧和高二氧化碳能抑制微生物的活动。在气调贮藏中,低氧环境能抑制好氧微生物的生长,高二氧化碳体积分数也可抑制真菌等微生物的生长^[20]。此外,密封后的EMAP能有效降低梨果的蒸腾作用,避免水分流失。该研究是在冷藏条件下用EMAP贮藏莱阳梨,除了气调条件外,低温能有效抑制微生物的活动,延缓微生物引起的腐烂^[19],庄晓虹等^[21]在常温条件下贮藏南果梨至18~26d内,果实可溶性固形物、糖、酸含量较入藏时均明显下降,果实发生了腐败。而本试验中使用EMAP冷藏莱阳梨至200d,基本无褐变和腐烂发生,尤其是试验1和试验3组,好果率接近100%。

莱阳梨在果肉和果核附近的褐变是贮藏过程中主要病变之一。莱阳梨褐变的原因一般有三种:一是衰老引起的褐变,二是冷害引起的褐变^[22],三是低氧、高二氧化碳引起的褐变^[23]。对照组莱阳梨褐变的发生主要是由于果实衰老引起的。莱阳梨对CO₂相当敏感,在贮藏过程中应该控制CO₂的体积分数。本研究试验7组在EMAP处理中褐变率最高,达到8.3%,好果率为88.2%,EMAP内平衡CO₂含量高达4.7%。因而高CO₂含量极易造成莱阳梨褐变,这与陈昆松等^[24]研究雪花梨和鸭梨果实贮藏特性结果一致。另外,果实大小及果皮结构对果实组织内部CO₂的体积分数影响很大,同种梨,大果比中果、小果褐变早而且重,主要是由于大果果肉组织细胞呼吸代谢所产生的CO₂不能及时排出,需要的O₂不能及时供给。表皮角质层是果实内外气体交换的通道,角质层厚度的增加,使CO₂的排出,O₂的进入难度加大,从而产生低O₂高CO₂伤害^[25]。莱阳梨表皮角质层明显厚于其他品种的梨,因此更易发生褐变。

本研究对莱阳梨进行EMAP和普通冷藏的对比实验,研究两种不同贮藏方式下莱阳梨的理化指标变化和贮藏效果。使用EMAP贮藏莱阳梨的理化指标和好果率明显高于普通冷藏,较好地保持了果实的品质,延长了莱阳梨的贮藏期。实验表明,EMAP贮藏莱阳梨

的适宜气体组成为2.2% CO₂和14.0% O₂,或者2.6% CO₂和12.9% O₂,为莱阳梨的气调贮藏提供理论依据。

参考文献:

- [1] 刘映芬.生津润燥话秋梨[J].家庭医药,1998,43(6):8.
- [2] 关学雨,孙守义,王守经,等.辐照莱阳梨贮藏期生理生化指标的研究[J].核农学通报,1993,14(3):120-123.
- [3] LARA I, MIRÓ R M, FUENTES T, et al. Biosynthesis of volatile aroma compounds in pear fruit stored under long-term controlled-atmosphere conditions[J]. Postharvest biology and technology, 2003, 29(5): 29-39.
- [4] VELTMAN R H, KHO R M, van SCHAIK A C R, et al. Ascorbic acid and tissue browning in pears (*Pyrus communis* L.cvs Rocha and Conference) under controlled atmosphere conditions[J]. Postharvest Biology and Technology, 2000, 19(7): 129-137.
- [5] 刘愚,李振国,吴有梅,等.氧和二氧化碳对莱阳梨果肉切片乙烯生物合成的调节作用[J].植物生理学报,1987,13(2):136-143.
- [6] 王春生,赵迎丽,王瑞华,等.气调贮藏对玉露香梨品质的影响[J].保鲜研究,2007,7(5):25-27.
- [7] NIELSEN M. Influence of harvest date and controlled atmosphere on the storage behaviour of pear (*Pyrus communis* cv. 'clara frijs') [J]. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Plant Soil Science, 1993, 43(3): 185-190.
- [8] 佟伟,贾晓辉,王文辉,等.自发气调包装对3个西洋梨品种保鲜效果的研究[J].浙江农业科学,2009(1):117-119.
- [9] 贾晓辉,佟伟,王文辉,等.自发气调包装对阿巴特梨冷藏效果影响的研究[J].保鲜与加工,2010,2(10):28-31.
- [10] GB 10650—89 鲜梨[S].
- [11] 刘忆冬.不同贮藏条件对中华寿桃采后生理及贮藏效果影响的研究[D].石河子:石河子大学,2006.
- [12] 赵亚华.生物化学实验教程[M].广州:华东理工大学出版社,2000.
- [13] 丛峰松.生物化学实验[M].上海:上海交大出版社,2005.
- [14] 霍君生,伶代言,刘彩莉.鸭梨果心褐变过程中膜质过氧化及细胞内微粘度的变化[J].园艺学报,1995,22(3):221-224.
- [15] CANER C, ADAY M S, DEMIR M. Extending the quality of fresh strawberries by equilibrium modified atmosphere packaging[J]. Eur Food Res Technol, 2008, 227(6): 1575-1583.
- [16] 郑诚尔,王晓飞,潘东明,等.乙烯利处理对毛叶枣果实采后保护酶活性及膜透性的影响[J].江西农业大学学报,2008,30(1):36-39.
- [17] 鞠志国,朱广廉,曹宗巽.莱阳梨果实褐变与多酚氧化酶及酚类物质区域化分布的关系[J].植物生理学报,1988,14(4):356-361.
- [18] 王美兰,周志才,胡芸.非气调贮藏保鲜袋的设计和应用[J].食品科学,2003,24(9):147-149.
- [19] BRACKETT R E. Microbiological spoilage and pathogens in minimally processed refrigerated fruits and vegetables[C]. New York: Chapman & Hall, 1997: 269-312.
- [20] JAY J M. Modern food microbiology[M]. New York: Van Nostrand Reinhold, 1986.
- [21] 庄晓虹,刘声远,马岩松,等.常温条件下南果梨主要营养成分及其变化规律的研究[J].保鲜与加工,2008,8(2):34-37.
- [22] JU Zhiqiang, DUAN Yousheng, JU Zhiguo. Plant oil emulsion modifies internal atmosphere, delays fruit ripening, and inhibits internal browning in Chinese pears[J]. Postharvest Biology and Technology, 2000, 20(3): 243-250.
- [23] FRANCK C, LAMMERTYN J, HO Q T, et al. Browning disorders in pear fruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 2007, 43(3): 1-13.
- [24] 陈昆松,于梁,周山涛.雪花梨和鸭梨果实贮藏特性的比较[J].植物生理学通讯,1992,28(6):428-430.
- [25] 张华云,王善广,牟其芸,等.套袋对莱阳梨果皮结构和PPO、POD活性的影响[J].园艺学报,1996,23(1):23-26.