

气体ClO₂对‘华优’猕猴桃采后生理及贮藏品质的影响

薛 敏, 高贵田*, 张思远, 魏 雪, 耿鹏飞

(陕西师范大学食品工程与营养科学学院, 陕西 西安 710062)

摘 要: 研究气体ClO₂对猕猴桃采后生理及贮藏品质的影响, 以‘华优’猕猴桃果实为材料, 果实采后贮藏于(0±0.5)℃冷库, 用0.5、2.5、12.5 mg/L气体ClO₂分别处理30、60 min。在贮藏期间, 每15 d取样, 对果实硬度、可溶性固形物含量、可滴定酸含量、呼吸强度、过氧化物酶(POD)活性、VC含量、可溶性蛋白质含量等指标进行测定。结果表明, 适宜的气体ClO₂处理可以延缓‘华优’猕猴桃果实硬度的下降, 抑制果实呼吸强度及POD活性, 并保持可滴定酸、可溶性固形物、可溶性蛋白质、VC、总酚、类黄酮、花青素含量, 对果皮颜色无影响。气体ClO₂质量浓度2.5 mg/L、处理时间60 min时对‘华优’猕猴桃的贮藏保鲜效果最佳。气体ClO₂可以有效抑制‘华优’猕猴桃果实的采后生理变化, 保持果实贮藏品质。

关键词: 猕猴桃; 气体ClO₂; 采后生理; 贮藏品质

Effects of Chlorine Dioxide Gas on Post-Harvest Physiology and Storage Quality of ‘Huayou’ Kiwifruit

XUE Min, GAO Guitian*, ZHANG Siyuan, WEI Xue, GENG Pengfei

(College of Food Engineering and Nutritional Science, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China)

Abstract: In this experiment, we examined the effects of chlorine dioxide (ClO₂) on the post-harvest physiology and storage quality of ‘Huayou’ kiwifruit. The fruit was stored cold temperature ((0 ± 0.5) °C) after being treated with ClO₂ gas at 0, 0.5, 2.5, and 12.5 mg/L for 30 and 60 min, respectively. During storage, we measured the firmness, soluble solids, titratable acidity (TA), respiration rate, peroxidase (POD) activity, vitamin c (VC) content, soluble protein content and other indicators of kiwifruit at a 15-day interval. The results showed that at the suitable concentration for appropriate time, ClO₂ gas treatment maintained the firmness and the contents of soluble solids, TA, VC, soluble protein, total phenols, flavonoids, and anthocyanins in ‘Huayou’ kiwifruit, inhibited respiration rate and POD activity, but had no effect on the skin color. This experiment showed that ClO₂ treatment at 2.5 mg/L for 60 min was the most favorable for quality preservation of ‘Huayou’ kiwifruit. In conclusion, ClO₂ gas can effectively inhibit the post-harvest physiology of kiwifruits and maintain their storage quality.

Key words: kiwifruit; chlorine dioxide gas; post-harvest physiology; storage quality

中图分类号: TS255.3

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2015)18-0257-05

doi:10.7506/spkx1002-6630-201518048

猕猴桃 (*Actinidia chinensis*) 属于猕猴桃科 (Actinidiaceae) 猕猴桃属植物, 具有多种营养成分和功能保健因子, 因此越来越受到人们的重视^[1-2]。猕猴桃果实属于呼吸跃变型, 采后果实熟软化进程迅速, 不耐贮藏^[3], 同时由于受到田间、运输等处杂菌的污染, 导致贮藏性差损失大, 成为影响猕猴桃产业发展的一个关键因素。目前, 在猕猴桃贮藏过程中, 常用的保鲜剂有1-甲基环丙烯、臭氧、钙处理、二氧化硫^[4-5]等, 虽然贮藏保鲜效果较好, 但都存在条件不易控制、易产生无氧

呼吸及影响果实品质等弊端。

二氧化氯 (ClO₂) 是一种强氧化剂及杀菌剂, 其比氯气更稳定且氧化能力更强, 是目前常用的氯制剂最理想的替代品, 具有高效、广谱、安全无残留的特点^[6-8]。美国食品药品监督管理局于1988年批准将ClO₂应用于果蔬的清洗^[9]。国内外已有报道表明ClO₂对猕猴桃^[10]、青椒^[11]、草莓^[12]、杏^[6]、蓝莓^[13]等具有贮藏保鲜效果。但这些研究多局限于固态和液态的稳定化ClO₂, 而气体ClO₂在果蔬贮藏保鲜方面应用的研究很少。与液态ClO₂相比, 气态

基金项目: 陕西省科技统筹创新工程计划项目 (2014KTCL02-19); 西安市科技项目 (NC1116 (2))

作者简介: 薛敏 (1989—), 女, 硕士研究生, 研究方向为食品生物技术。E-mail: xuemin891021@163.com

*通信作者: 高贵田 (1964—), 男, 副教授, 博士, 研究方向为食品生物技术、食品安全。E-mail: gaoguitian2006@snnu.edu.cn

ClO_2 更具有穿透性^[14],同时能节约喷洒液体的劳动力、降低贮藏空间的湿度以降低霉烂的风险。相关研究表明气体 ClO_2 对苹果^[9]、番茄^[15]具有较好的贮藏保鲜效果,但其在猕猴桃贮藏保鲜中的应用鲜见报道。故本研究以‘华优’猕猴桃为材料,将气体 ClO_2 作为保鲜剂应用于猕猴桃贮藏过程中,探索气体 ClO_2 保鲜的最佳质量浓度范围与时间,研究气体 ClO_2 对猕猴桃采后生理及贮藏品质的影响,以期对猕猴桃贮藏保鲜开辟新方法。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

‘华优’猕猴桃采自陕西省周至县,采后当天运回实验室,挑选大小与成熟度均一(晚采收,于2013年10月11日采摘,果实的果肉硬度为 6.1 kg/cm^2 ,可溶性固形物含量为8.8%)、无病害、无机械损伤的果实,预冷后置于贮温 $(0 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 、相对湿度85%~90%的冷库备用。

ClO_2 缓释剂 天津张大科技有限公司;其他试剂均为分析纯。

1.2 方法

1.2.1 气体 ClO_2 的产生

气体 ClO_2 经 ClO_2 缓释剂释放所得,根据测定缓释剂释放规律来确定实验所用气体 ClO_2 质量浓度。称取0.2 g ClO_2 缓释剂与装有吸收液(5 mL 10% KI和2 mL 1 mol/L H_2SO_4)溶液的小烧杯同时置于密闭容器中,迅速向缓释剂中加入400 μL 常温蒸馏水于密封容器内释放,待其释放10、20、30、40、50、60、70、80、90、100、110、120 min,采用丙二酸-碘量法^[16]测定 ClO_2 释放量,如公式(1)所示:

$$m = \frac{c_1 V_1 \times 13.49 \times 10^3}{0.2} \times 100 \quad (1)$$

式中: m 为 ClO_2 释放率/%; c_1 为硫代硫酸钠标准溶液的浓度/(mol/L); V_1 为试样所消耗硫代硫酸钠标准溶液的体积/mL;13.49为1 mol硫代硫酸钠与13.49 mg ClO_2 当量。

根据测定缓释剂释放气体 ClO_2 的释放量观察规律,最终计算实验所需相应质量浓度气体 ClO_2 对应称取 ClO_2 缓释剂的质量,如公式(2)所示:

$$n = \frac{C_2 V_2}{m_1} \quad (2)$$

式中: n 为称取 ClO_2 缓释剂质量/g; C_2 为气体 ClO_2 质量浓度/(mg/L); V_2 为密封处理空间的体积/ m^3 ; m_1 为完全释放时 ClO_2 释放率/%。

1.2.2 气体 ClO_2 处理方法

将‘华优’猕猴桃果实分装于体积为1 m^3 的气调帐

中,称取质量为7.15、35.77、178.83 g的 ClO_2 缓释剂于密封气调帐中释放60 min,气体 ClO_2 的质量浓度达到0.5、2.5、12.5 mg/L分别对猕猴桃处理30、60 min,帐内设有2台风机混匀气体,每个处理设3个平行。处理后撤去气调帐,样品置于贮温 $(0 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 、相对湿度85%~90%的冷库贮藏。每隔15 d取样对果实各生理生化指标进行测定,每次取果8~10个,重复3次。

1.2.3 指标测定^[17-18]

硬度:采用硬度计法测定;总可溶性固形物(total soluble solid, TSS)含量:采用折光仪法测定;果皮颜色:采用色差仪法测定;可滴定酸含量:采用NaOH滴定法测定;VC含量:采用2,6-二氯酚法测定;呼吸强度:采用静置法测定;可溶性蛋白质含量:采用考马斯亮蓝法测定;总酚、类黄酮、花青素含量:采用紫外-可见分光光度计法测定;过氧化物酶(peroxidase, POD)活性:采用愈创木酚法测定。

1.3 数据分析

采用SPSS 19.0进行数据分析、Origin 8.0作图。

2 结果与分析

2.1 气体 ClO_2 缓释剂释放规律的研究

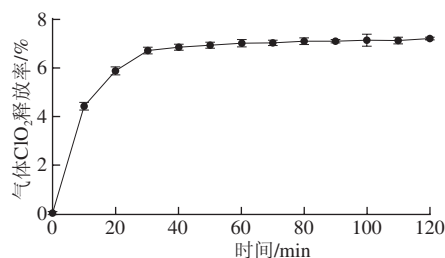


图1 气体 ClO_2 缓释剂释放规律

Fig.1 Release pattern of chlorine dioxide gas in a sustained-release formulation

从图1可知,随着释放时间的延长,气体 ClO_2 释放率逐渐增加,缓释剂释放0~30 min时,气体 ClO_2 释放率迅速上升,在释放30 min后气体 ClO_2 释放率缓慢增加,缓释剂释放60~120 min时,气体 ClO_2 释放率趋于平稳,故本实验选择释放60 min为缓释剂释放终点,释放率为6.99%,此结果作为确定气体 ClO_2 质量浓度的依据。

2.2 气体 ClO_2 处理对猕猴桃果实采后呼吸强度的影响

由图2可知,在贮藏期间气体 ClO_2 使猕猴桃果实呼吸强度低于对照,其能够抑制猕猴桃果实的呼吸强度。猕猴桃果实的呼吸强度随着贮藏时间延长呈下降趋势,贮藏前期,果实的呼吸强度迅速下降,特别是2.5 mg/L气体 ClO_2 处理60 min、12.5 mg/L气体 ClO_2 处理30 min与60 min

对果实的呼吸强度有显著的抑制作用 ($P<0.05$)，15 d后呼吸强度下降缓慢趋于平稳，但处理组果实仍小于对照。经各个质量浓度及时间的处理在贮藏期间猕猴桃采后呼吸强度下降，表明气体 ClO_2 对猕猴桃果实采后呼吸有抑制作用，结合生产实际以2.5 mg/L气体 ClO_2 处理60 min效果最为理想。

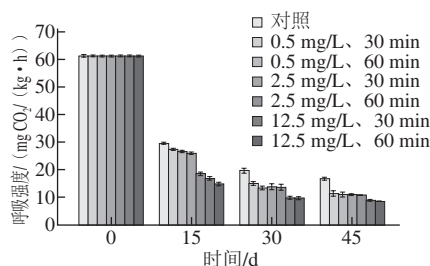


图2 气体 ClO_2 处理对猕猴桃采后呼吸强度的影响
Fig.2 Effects of chlorine dioxide gas treatments on respiration rate of kiwifruit

2.3 气体 ClO_2 处理对猕猴桃硬度的影响

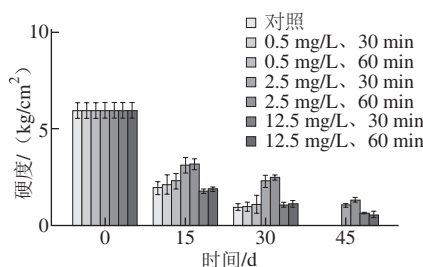


图3 气体 ClO_2 处理对猕猴桃硬度的影响
Fig.3 Effects of chlorine dioxide gas treatments on firmness of kiwifruit

从图3可知，在贮藏期间，气体 ClO_2 使猕猴桃果实硬度高于对照，气体 ClO_2 能够维持猕猴桃果实硬度。猕猴桃果实硬度随贮藏时间延长而降低。在贮藏初期，各个处理组与对照果实的硬度均下降较快，贮藏15 d时，各个处理的果实硬度均高于对照组，除0.5 mg/L气体 ClO_2 处理30 min与60 min和对照无显著差异，其他均与对照存在显著差异 ($P<0.05$)，尤其是2.5 mg/L气体 ClO_2 处理60 min对猕猴桃果实硬度的维持作用最显著；在贮藏后期，各个处理组及对照硬度均下降缓慢，对照组及0.5 mg/L气体 ClO_2 处理30 min和60 min所处理果实硬度均降至0 kg/cm²，其他各个处理均高于对照组，质量浓度为12.5 mg/L气体 ClO_2 处理30 min和60 min的样品硬度较其他处理组硬度下降快。在贮藏期间，适宜的气体 ClO_2 处理对猕猴桃果实硬度有维持作用，过高质量浓度气体 ClO_2 处理对果实硬度维持效果较差，以2.5 mg/L气体 ClO_2 处理60 min效果最为理想。

2.4 气体 ClO_2 处理对猕猴桃POD活性的影响

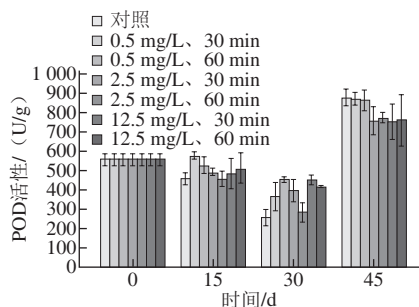


图4 气体 ClO_2 处理对猕猴桃POD活性的影响
Fig.4 Effects of chlorine dioxide gas treatments on POD activity of kiwifruit

由图4可知，贮藏初期果实的POD活性呈现为下降趋势，从贮藏30 d至贮藏期结束时开始上升，但均低于对照，除0.5 mg/L ClO_2 处理30 min和60 min的样品，其他各个处理POD活性均与对照存在显著性差异 ($P<0.05$)。经各个质量浓度和时间的处理，在贮藏后期猕猴桃果实相比对照POD活性下降，表明气体 ClO_2 对猕猴桃果实在贮藏后期的POD活性有抑制作用，一定程度上延缓了猕猴桃果实的衰老，以12.5 mg/L ClO_2 处理30 min效果最为理想。

2.5 气体 ClO_2 处理对猕猴桃VC含量的影响

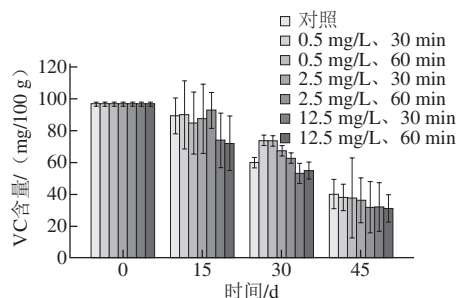


图5 气体 ClO_2 处理对猕猴桃VC含量的影响
Fig.5 Effects of chlorine dioxide gas treatments on VC content of kiwifruit

从图5可知，在贮藏期间，猕猴桃果实中的VC含量随时间延长呈下降趋势，贮藏30 d，猕猴桃果实中VC含量逐渐下降，除12.5 mg/L气体 ClO_2 处理30 min及60 min的样品，其他各组均高于对照；在贮藏45 d，12.5 mg/L处理30 min及60 min的样品中VC含量与对照相比显著降低 ($P<0.05$)，其他处理组猕猴桃果实VC含量稍低于对照但无显著差异。结果表明，适宜的气体 ClO_2 处理对猕猴桃果实中VC含量有维持作用影响较小，过高质量浓度的气体 ClO_2 处理会减少果实中VC含量，以2.5 mg/L气体 ClO_2 处理60 min效果最为理想。

2.6 气体ClO₂处理对猕猴桃可溶性蛋白质含量的影响

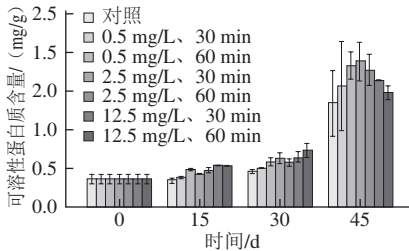


图6 气体ClO₂处理对猕猴桃可溶性蛋白质含量的影响
Fig.6 Effects of chlorine dioxide gas treatments on soluble protein content of kiwifruit

由图6可知，在贮藏期间，猕猴桃果实中的可溶性蛋白质含量随时间延长呈上升趋势，气体ClO₂处理使猕猴桃果实可溶性蛋白质含量高于对照。贮藏前期，猕猴桃果实中可溶性蛋白质含量缓慢上升；贮藏后期，猕猴桃果实中可溶性蛋白质含量迅速上升，经气体ClO₂处理的样品可溶性蛋白质含量均显著高于对照 ($P<0.05$)，过低及过高质量浓度的处理效果均不显著。结果表明，适宜的气体ClO₂处理对猕猴桃果实中可溶性蛋白质含量有较好的保留作用，以2.5 mg/L ClO₂处理30 min效果最为理想。

2.7 气体ClO₂处理对猕猴桃TSS、可滴定酸、总酚、花青素及类黄酮含量的影响

由表1可知，在贮藏前期各处理组的样品中可滴定酸含量均大于对照，45 d时，12.5 mg/L ClO₂处理60 min低于对照，其余处理均无显著差异。TSS含量在贮藏期间变化不大，45 d时各处理的TSS含量要稍低于对照，但无显著差异。说明适宜的气体ClO₂处理对猕猴桃果实中可滴定酸和TSS含量有一定的保留与维持作用。

总酚、类黄酮、花青素含量影响果实的抗氧化活性，是反映果实品质的重要指标。由表1可知，猕猴桃果实中总酚含量随时间延长呈上升趋势，贮藏后期，各处理的总酚含量稍低于对照组，在贮藏45 d时，0.5 mg/L ClO₂处理30 min与对照无显著差异，其他处理均低于对照有显著差异。猕猴桃果实中类黄酮含量在整个贮藏期间先下降后上升，在贮藏45 d时，各处理的类黄酮含量稍高于对照，以0.5 mg/L处理30 min含量最高。猕猴桃果实中花青素含量在贮藏初期迅速上升后期趋于平稳，贮藏至45 d时，各处理的花青素含量低于对照，12.5 mg/L ClO₂处理30 min及60 min对果实中花青素含量影响较大，其他处理均与对照无显著差异。结果表明，气体ClO₂处理对猕猴桃果实中总酚及花青素含量在贮藏过程中影响较小，对类黄酮有一定的保留作用。

表1 气体ClO₂处理对猕猴桃TSS、可滴定酸、总酚、花青素及类黄酮含量的影响

指标		贮藏 时间/d	对照	处理条件					
				0.5 mg/L/ 30 min	0.5 mg/L/ 60 min	2.5 mg/L/ 30 min	2.5 mg/L/ 60 min	12.5 mg/L/ 30 min	12.5 mg/L/ 60min
TSS 含量/%	15	15.00±0.00	15.50±0.86	16.00±0.00	15.33±0.29	15.16±0.29	16.00±0.00	14.33±0.29	
	30	15.85±0.42	15.92±0.40	16.63±0.76	16.17±0.57	15.90±0.56	16.20±0.18	16.42±0.41	
	45	17.95±0.49	17.52±0.44	17.11±0.20	17.47±0.38	17.43±0.47	17.11±0.12	17.87±0.76	
可滴定 酸含量/%	15	1.28±0.06	1.27±0.02	1.32±0.04	1.28±0.11	1.34±0.06	1.33±0.05	1.30±0.04	
	30	1.09±0.06	1.26±0.07	1.26±0.07	1.32±0.04	1.22±0.00	1.28±0.09	1.22±0.00	
	45	1.15±0.06	1.17±0.06	1.25±0.04	1.17±0.04	1.21±0.05	1.18±0.09	1.04±0.04	
总酚含量/ (OD _{280nm} /g)	15	0.74±0.01	0.75±0.01	0.71±0.01	0.69±0.01	0.72±0.01	0.69±0.002	0.70±0.02	
	30	0.70±0.02	0.69±0.01	0.68±0.01	0.68±0.01	0.68±0.01	0.61±0.01	0.60±0.01	
	45	0.91±0.13	0.89±0.02	0.76±0.00	0.75±0.02	0.78±0.02	0.74±0.04	0.73±0.03	
类黄酮含量/ (OD _{255nm} /g)	15	0.18±0.02	0.18±0.08	0.17±0.04	0.16±0.05	0.19±0.03	0.17±0.03	0.19±0.00	
	30	0.19±0.10	0.17±0.04	0.13±0.05	0.12±0.02	0.15±0.05	0.10±0.04	0.11±0.02	
	45	0.22±0.06	0.37±0.17	0.24±0.07	0.23±0.05	0.22±0.03	0.22±0.03	0.26±0.04	
花青素含量/ ((OD _{530nm} - OD _{600nm}) /g)	15	0.81±0.28	1.97±0.49	1.11±0.28	0.61±0.26	1.34±0.45	1.25±0.27	2.06±0.27	
	30	4.30±0.44	4.28±0.59	4.13±0.80	3.59±0.21	3.59±0.26	2.61±0.35	2.72±0.47	
	45	4.44±0.55	4.18±0.48	4.11±0.52	4.04±0.31	4.07±0.48	3.68±0.76	3.47±0.95	

2.8 气体ClO₂处理对猕猴桃果皮颜色的影响

表2 气体ClO₂处理对猕猴桃果皮颜色的影响
Table 2 Effects of chlorine dioxide gas treatments on color parameters of kiwifruit

处理条件	色度值		
	L*	a*	b*
对照	51.71±0.30 ^d	3.01±1.16 ^{ab}	26.31±1.12 ^a
0.5 mg/L、30 min	52.41±1.57 ^{bc}	3.14±0.67 ^{ab}	26.98±2.78 ^a
0.5 mg/L、60 min	52.74±0.83 ^{bc}	3.34±0.50 ^{ab}	25.48±1.62 ^{ab}
2.5 mg/L、30 min	54.46±1.65 ^{bc}	3.05±0.18 ^{ab}	25.65±0.52 ^a
2.5 mg/L、60 min	55.59±0.97 ^b	3.97±0.54 ^a	25.40±0.95 ^{abc}
12.5 mg/L、30 min	55.96±1.40 ^b	2.60±0.44 ^b	24.80±0.64 ^{abcd}
12.5 mg/L、60 min	58.22±0.56 ^a	2.54±0.36 ^b	22.00±3.00 ^{bd}

注：同列肩标不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)。

气体ClO₂有漂白作用，致使猕猴桃外观品质降低。由表2可知，经气体ClO₂处理的猕猴桃，L*值均高于对照组 ($P<0.05$)，随着气体ClO₂质量浓度与时间的延长，L*值逐渐增加；与对照相比，各个处理a*值变化较小，变化趋势未成规律性，气体ClO₂对a*值影响较小，可能是由于样品个体差异造成；随着气体ClO₂质量浓度与时间的延长，b*值逐渐减小 ($P<0.05$)。随着气体ClO₂质量浓度与时间的延长，果皮颜色逐渐变亮，黄色逐渐减少。气体质量浓度为12.5 mg/L处理30 min及60 min，果皮颜色变化较为明显，超出了消费者可接受的范围，影响猕猴桃商品价值。

3 讨论与结论

果实采后生理变化通常作为果实贮藏性能及保鲜

效果的重要评判依据,通过影响果实采后生理变化延缓果实衰老,从而延长贮藏期是本实验的目的之一。猕猴桃在成熟过程中硬度会随着成熟度增加而降低,硬度下降、质地变软是猕猴桃成熟衰老的最显著变化之一,同时又是影响果实耐贮性及商品价值的重要指标。猕猴桃是呼吸跃变型果实,呼吸强度与猕猴桃果实的衰老存在密切关系,呼吸强度高影响果实衰老的快慢。POD有助于过氧化氢的分解,其活性伴随果实成熟衰老而发生变化,POD活性升高可作为果实衰老的指标^[19-20]。本实验中,在贮藏前采用气体ClO₂处理减缓了猕猴桃成熟期硬度下降,一定程度降低了猕猴桃果实的呼吸强度,抑制了POD活性升高,延缓了猕猴桃果实衰老,从而提高了猕猴桃的耐贮性。

果实采后各项营养品质指标的变化,会影响果实的保鲜效果及商品价值,因此保持果实中营养品质是贮藏保鲜的重要目的之一。随着猕猴桃果实的采后成熟,果实硬度下降,果实糖含量和TSS含量上升,总酸、VC、总酚、类黄酮、花青素含量随着果实贮藏时间的延长会降低^[21-23]。本实验中,适宜的气体ClO₂处理可以保留猕猴桃果实中可滴定酸、TSS含量,这与ClO₂处理“秦美”猕猴桃效果相符^[10]。经气体ClO₂处理过的猕猴桃果实可溶性蛋白质含量有所提高,这说明对照果实快速衰老时,营养物质加速消耗,蛋白质不断被分解,从而造成可溶性蛋白含量的下降,而气体ClO₂减缓了果实衰老从而抑制了果实中可溶性蛋白质含量的下降。适宜的气体ClO₂处理后,猕猴桃果实中VC、总酚、类黄酮、花青素含量有所降低,但与对照无显著差异,分析VC属于还原性营养素,容易被氧化,而气体ClO₂是强氧化性气体,理论上讲,气体ClO₂处理过的果蔬VC含量会降低^[24],实验结果表明,质量浓度较大的气体ClO₂处理对猕猴桃的VC含量有显著影响,其他处理组均稍低于对照但无显著差异,与理论相符;同时气体ClO₂处理对猕猴桃果实中总酚、类黄酮、花青素含量的影响,与前人^[25]的研究相符。

气体ClO₂可减缓猕猴桃果实硬度的下降、抑制猕猴桃果实呼吸强度、降低POD活性,延缓果实衰老,增强果实耐贮性、同时保持猕猴桃的贮藏品质。适宜的气体ClO₂处理可以保留猕猴桃果实中可滴定酸、TSS含量,提高可溶性蛋白质含量,保留果实中VC、总酚、类黄酮、花青素含量,对果皮颜色无影响,保持了果实的营养品质及商品价值。综合分析,气体ClO₂质量浓度为2.5 mg/L处理60 min对“华优”猕猴桃的贮藏保鲜效果最为理想。

参考文献:

[1] 王亚萍,郭叶,费学谦. 二氧化氯处理对“徐香”猕猴桃贮藏品质的影响[J]. 西北林学院学报, 2014, 29(3): 151-154.

- [2] 黄诚,周长春,李伟. 猕猴桃的营养保健功能与开发利用研究[J]. 食品科技, 2007, 32(4): 51-55.
- [3] 许文平,陈昆松,徐昌杰,等. 猕猴桃采后果实冷藏与货架期脂氧合酶活性和乙烯生成的变化[J]. 中国农业科学, 2003, 36(10): 1196-1201.
- [4] 袁云香. 猕猴桃的储藏与保鲜技术[J]. 北方园艺, 2011(6): 168-170.
- [5] 车建美,刘波,郑雪芳,等. 水果保鲜技术及其保鲜机理的研究进展[J]. 保鲜与加工, 2012, 12(1): 44-50.
- [6] ZHONG Mei, WU Bin, WANG Jide, et al. Effect of chlorine dioxide on ripening of ‘Xiaobai’ apricots[J]. European Food Research and Technology, 2006, 223(6): 791-795.
- [7] CHEN Zhao, ZHU Chuanhe, HAN Ziqiang. Effects of aqueous chlorine dioxide treatment on nutritional components and shelf-life of mulberry fruit (*Morus alba* L.)[J]. Journal of Bioscience and Bioengineering, 2011, 111(6): 675-681.
- [8] 陈钊. 二氧化氯对真菌杀灭机理及果蔬保鲜效果的研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2011.
- [9] LEE S Y, DANCER G I, CHANG S, et al. Efficacy of chlorine dioxide gas against *Alicyclobacillus acidoterrestris* spores on apple surfaces[J]. International Journal of Food Microbiology, 2006, 108(3): 364-368.
- [10] 牛瑞雪,惠伟,李彩香,等. 二氧化氯对“秦美”猕猴桃保鲜及贮藏品质的影响[J]. 食品工业科技, 2009, 30(1): 289-292.
- [11] 杜金华,傅茂润,李苗苗,等. 二氧化氯对青椒采后生理和贮藏品质的影响[J]. 中国农业科学, 2006, 39(6): 1215-1219.
- [12] JIN Y, KIM Y J, CHUNG K, et al. Effect of aqueous chlorine dioxide treatment on the microbial growth and qualities of strawberries during storage[J]. Food Science and Biotechnology, 2007, 16(6): 1018.
- [13] MAHOVIC M J, TENNEY J D, BARTZ J A. Applications of chlorine dioxide gas for control of bacterial soft rot in tomatoes[J]. Plant Disease, 2007, 91(10): 1316-1320.
- [14] GÓMEZ-LÓPEZ V M, RAJKOVIC A, RAGAERT P, et al. Chlorine dioxide for minimally processed produce preservation: a review[J]. Trends in Food Science and Technology, 2009, 20(1): 17-26.
- [15] TRINETTA V, MORGAN M T, LINTON R H. Use of high-concentration-short-time chlorine dioxide gas treatments for the inactivation of *Salmonella enterica* spp. inoculated onto Roma tomatoes[J]. Food Microbiology, 2010, 27(8): 1009-1015.
- [16] 申艳敏. 固载二氧化氯的释放特性及其控制研究[D]. 湘潭: 湘潭大学, 2004.
- [17] 郝建军. 植物生理学实验技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.
- [18] 曹建康,姜微波,赵玉梅. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007.
- [19] 郭叶. “徐香”猕猴桃贮藏期间生理品质研究[D]. 临安: 浙江农林大学, 2013.
- [20] 植芳,李双顺,张东林,等. 采后荔枝果实中氧化和过氧化作用的变化[J]. 植物学报, 1988, 30(4): 382-387.
- [21] 王绍华,杨建东,段春芳,等. 猕猴桃果实采后成熟生理与保鲜技术研究进展[J]. 中国农学通报, 2013, 29(10): 102-107.
- [22] 蔡慧. 不同处理对软枣猕猴桃采后生理生化变化的影响[D]. 长春: 吉林农业大学, 2012.
- [23] 杨丹. 1-MCP 对红阳猕猴桃果实采后品质、后熟及酚类抗氧化活性的影响[D]. 重庆: 西南大学, 2011.
- [24] 陈维. 探究贮藏温度对果蔬中维生素C含量的影响[J]. 生物学通报, 2006, 40(12): 51-52.
- [25] 王友升,王郅媛,郭晓敏,等. 不同挥发性物质对桃果实品质及抗氧化活性影响的多变量分析[J]. 食品科学, 2012, 33(15): 83-89.