

文章编号:1671-1513(2011)06-0063-06

臭氧水处理对红富士苹果在两种贮藏温度下果实品质的影响

乔彩云¹, 李建科¹, 于振¹, 张雅丽¹, 张纽枝², 赵彦华³, 马丽红³

(1. 陕西师范大学食品工程与营养科学学院, 陕西 西安 710062;

2. 西藏职业技术学院农林系, 西藏 拉萨 850000;

3. 陕西华圣企业(集团)股份有限公司果业公司, 陕西 西安 710021)

摘要: 研究不同浓度臭氧水处理对红富士苹果在两种贮藏温度下的贮藏品质和生理的影响. 分别采用0.3, 0.6, 0.9, 1.2 mg/L的臭氧水处理红富士苹果, 然后分别贮藏于13℃和0℃, 定期测定贮藏温度下的果实的生理和品质指标. 臭氧处理对苹果果实呼吸强度及乙烯的释放均有一定的抑制作用; 延缓苹果果实的可溶性固形物含量、可滴定酸含量及硬度的下降, 减少果实水分的损失; 0℃贮藏的保鲜效果普遍优于13℃贮藏条件. 臭氧处理对红富士苹果具有较好的保鲜效果, 0.9 mg/L臭氧水处理的效果优于其他各组, 且0.9 mg/L臭氧水结合低温的贮藏方式更有利于红富士苹果贮藏品质的保持.

关键词: 臭氧水; 红富士; 生理; 品质; 贮藏**中图分类号:** TS255.3**文献标志码:** A

近几年, 全球苹果产业总体重心转向亚洲, 亚洲则转向中国, 而中国就转向了以陕西为代表的黄土高原地区. 截止到2010年, 陕西省苹果种植面积高达6 013 km², 产量达856万吨, 产量分别占全国的1/3和全球的1/8^[1]. 随着国内外对食品安全的重视, 苹果的出口加工在保证其质量的同时还应高度重视其安全性. 为了延长鲜果在销售环节的货架期并提高鲜果的食用安全性, 通常将次氯酸盐溶液用于苹果包装前的清洗环节^[2], 但该物质对环境和人体有一定的潜在危害, 因此探索绿色适用的苹果贮藏保鲜技术是当前研究的主要问题之一.

臭氧具有广谱、高效的杀菌作用, 是已知的最有效的杀菌剂之一^[3], 不仅可以杀死致病性微生物, 除去果蔬表面残存其他有害物, 还可以清除贮藏环境中的乙烯、乙醛、乙醇等有害气体^[4]. 同时, 臭氧自身又极易分解为氧气, 作为一种理想的绿色强氧

化剂被人们越来越多地应用于食品工业中^[5]. 本实验以红富士苹果为原材料, 将臭氧应用于苹果销售前的清洗环节中, 试图通过臭氧水处理苹果, 测定贮藏期内苹果的各项品质及生理指标, 分析其指标变化规律, 以期臭氧保鲜技术在红富士苹果贮藏保鲜的实际应用提供参考依据.

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

红富士苹果, 陕西华圣果业有限公司提供, 试验果为采后已贮藏3个月的果实. 氢氧化钠、正丁醇、氯化钡、草酸、酚酞, 均为分析纯; 乙烯, 国家标准物质研究中心提供, 纯度为99.95%.

1.2 方法

1.2.1 臭氧水处理

打开臭氧发生器并使其达到稳态, 将砂芯漏斗

收稿日期: 2011-09-02

基金项目: 陕西省农业科技攻关项目; 校企横向合作课题.

作者简介: 乔彩云, 女, 硕士研究生, 研究方向为食品营养与安全;

李建科, 男, 教授, 博士生导师, 主要从事食品营养与安全方面的研究. 通讯作者.

通入一定体积的水中,通气一定时间后用碘量法测定水中臭氧的浓度.分别用浓度为0.3,0.6,0.9,1.2 mg/L的4种臭氧水清洗苹果5 min,自然晾干.以用自来水清洗的苹果为对照.分别在13℃和0℃环境下贮藏,每隔7 d测定一次生理和品质指标.

1.2.2 测定方法

1)呼吸强度:气流法^[6],气流量为0.4 L/min,以 $\text{mgCO}_2/(\text{kg}\cdot\text{h})$ 表示.

$$\text{呼吸度} = \frac{(V_1 - V_2) \times C \times 22}{m \times t} \quad (1)$$

式(1)中, C 为草酸溶液物质的量浓度, mol/L; V_1 为空白滴定用草酸溶液用量, mL; V_2 为测定滴定用草酸溶液用量, mL; m 为苹果质量, g; t 为测定时间, h; 22为测定中NaOH与 CO_2 的质量转换数.

2)可滴定酸含量:碱滴定法^[7],以%表示.

3)可溶性固形物:参考GB/T 12295—90的折光仪法进行测定^[8],以百分含量表示.

4)果肉硬度:用CY-1型果实硬度计测出果实硬度,每次处理用果10个,以 kg/cm^2 表示.

5)乙烯释放量^[9]:采用安捷伦6890N型气相色谱仪,测定条件:HP-5毛细管柱(30 m × 0.32 mm × 0.25 μm), FID检测器,柱温40℃,进样器温度120℃,检测器温度150℃.

$$\text{乙烯含量} = \frac{1 \text{ mL 样品乙烯峰面积}}{1 \mu\text{L 标准乙烯峰面积}} \times \frac{V}{m \times t} \quad (2)$$

式(2)中, m 为苹果重量, g; t 为测定时间, h; V 为玻璃容器密闭空间的体积, mL.

6)失重率 = $\frac{\text{贮前果重} - \text{贮后果重}}{\text{贮前果重}} \times 100\%$.

7)果实腐烂率的测定:采用感官评定法,共持续120 d.

1.3 数据统计分析

采用DPS v3.01软件进行分析,用Duncan新复极差法进行差异显著性检验.

2 结果分析

2.1 臭氧水处理对苹果呼吸强度的影响

不同浓度臭氧水处理后,在13℃条件下贮藏,红富士苹果果实的呼吸强度在贮藏期内不断上升,见图1(a),在28 d时出现呼吸高峰;除臭氧水浓度为0.3 mg/L的处理外,其他各处理组的果实呼吸强度均极显著低于($P < 0.01$)对照组,且对果实呼吸强度的抑制作用由大到小顺序依次是0.9,0.6,

1.2,0.3 mg/L.因此,在13℃的贮藏条件下选用浓度为0.9 mg/L的处理方式可有效降低红富士苹果果实呼吸强度,从而提高果实品质、延长果实货架期.

不同浓度臭氧水处理后,在0℃条件下贮藏,红富士苹果果实的呼吸强度在贮藏期内缓慢上升,见图1(b),没有出现呼吸高峰;采用臭氧水处理的红富士苹果其呼吸强度均显著低于对照组($P < 0.05$);各臭氧处理组对果实呼吸强度的抑制作用由大到小顺序依次是0.9,0.6,0.3,1.2 mg/L.由此可知,低温结合0.9 mg/L臭氧水处理的方式可有效延缓果实呼吸高峰的出现,降低果实呼吸强度,从而提高苹果贮藏效果.

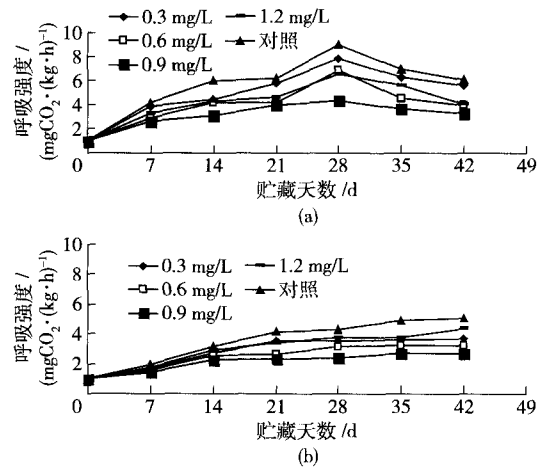


图1 不同浓度臭氧水处理对苹果果实在13℃(a)和0℃(b)贮藏条件下呼吸强度的影响

Fig.1 Effects of ozone water at different concentrations on respiration rate of apple fruit during storage at 13℃ (a) and 0℃ (b)

2.2 臭氧水处理对苹果可滴定酸含量的影响

不同浓度臭氧水处理后,在13℃条件下贮藏,红富士苹果果实的可滴定酸含量随着贮藏时间的不断延长呈下降趋势,见图2(a),浓度为0.3,0.6,0.9 mg/L的处理组与对照组均有显著差异($P < 0.05$);可滴定酸含量下降的由快到慢顺序依次为对照组、1.2,0.6,0.3,0.9 mg/L,其中0.9 mg/L与0.3 mg/L处理间的差异极显著($P < 0.01$).由此可知,在13℃的贮藏条件下,0.9 mg/L为抑制红富士苹果果实中可滴定酸含量减少的最优浓度.

不同浓度臭氧水处理后,在0℃条件下贮藏,红富士果实的可滴定酸含量变化仍显示出随着贮藏时间不断延长而下降的趋势,见图2(b),所有臭氧水

处理组与对照组均有显著差异 ($P < 0.05$); 可滴定酸含量下降的由快至慢顺序依次为对照组、1.2, 0.6, 0.3, 0.9 mg/L, 其中 0.9 mg/L 与 0.3 mg/L 处理间的差异极显著 ($P < 0.01$)。因此, 在 0 °C 贮藏条件下, 浓度为 0.9 mg/L 的臭氧水对红富士苹果果实中可滴定酸的减少仍有很好的抑制作用, 从而保持果实的良好风味。

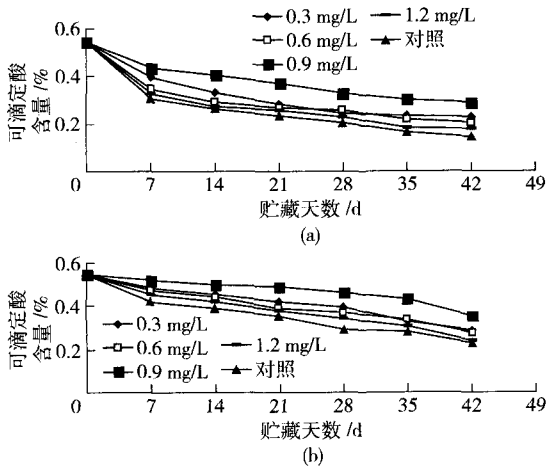


图 2 不同浓度臭氧水处理对苹果果实在 13 °C (a) 和 0 °C (b) 贮藏条件下可滴定酸含量的影响

Fig. 2 Effects of ozone water at different concentrations on TA contents of apple fruit during storage at 13 °C (a) and 0 °C (b)

2.3 臭氧水处理对苹果可溶性固形物含量的影响

在不同贮藏条件下, 各处理组与对照组果实的可溶性固形物含量 (SSC) 在贮藏期内均呈逐渐下降的趋势, 由图 3 可以看出, 臭氧水处理后红富士苹果果实中的可溶性固形物含量极显著 ($P < 0.01$) 的高于对照组; 臭氧处理对果实可溶性固形物含量的变化有一定抑制作用, 其抑制作用的由大到小顺序依次为 0.6, 0.9, 1.2, 0.3 mg/L。所以, 在不同贮藏条件下, 浓度为 0.6 mg/L 的臭氧水对红富士果实可溶性固形物含量的抑制效果最优, 其次为 0.9 mg/L, 但两处理组间无显著性差异 ($P > 0.05$)。

2.4 臭氧水处理对苹果果实硬度的影响

不同浓度臭氧水处理后, 在 13 °C 条件下贮藏, 红富士苹果果实硬度大小随着贮藏时间的延长而不断下降, 见图 4 (a), 各臭氧处理组的果实硬度均极显著 ($P < 0.01$) 的高于对照组; 臭氧处理可以抑制红富士苹果果实硬度的下降, 其抑制作用的由大到小顺序依次为 0.9, 0.6, 1.2, 0.3 mg/L。因此, 在 13

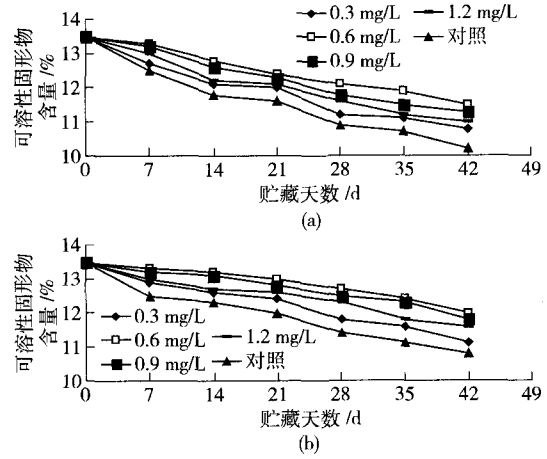


图 3 不同浓度臭氧水处理对苹果果实在 13 °C (a) 和 0 °C (b) 贮藏条件下可溶性固形物含量的影响

Fig. 3 Effects of ozone water at different concentrations on soluble sugar contents of apple fruit during storage at 13 °C (a) and 0 °C (b)

°C 的贮藏条件下, 臭氧水浓度为 0.9 mg/L 的处理对红富士果实硬度有良好的保持效果, 其次为 0.6 mg/L 处理组, 但两处理组间显著不差异 ($P > 0.05$)。

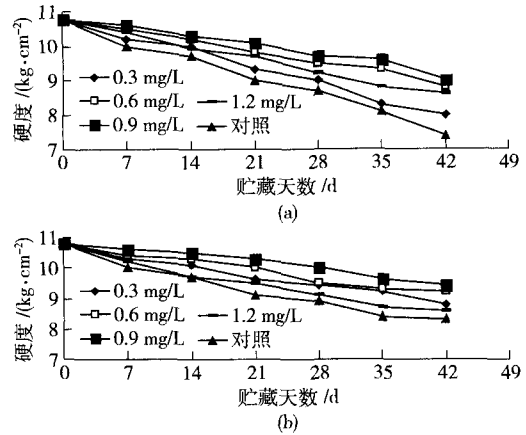


图 4 不同浓度臭氧水处理对苹果果实在 13 °C (a) 和 0 °C (b) 贮藏条件下硬度的影响

Fig. 4 Effects of ozone water at different concentrations on hardness of apple fruit during storage at 13 °C (a) and 0 °C (b)

不同浓度臭氧水处理后, 在 0 °C 条件下贮藏, 见图 4 (b), 红富士苹果果实硬度大小仍随贮藏时间的不断延长而呈下降趋势; 各试验组果实硬度的由大到小顺序依次为 0.9, 0.6, 0.3, 1.2 mg/L、对照组, 且 0.9 mg/L 与 0.6 mg/L 的处理组间有显著差异

($P < 0.05$). 因此,在 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 贮藏条件下,臭氧水浓度为 0.9 mg/L 的处理可有效延缓红富士苹果果实硬度的下降.

2.5 臭氧水处理对苹果乙烯释放量的影响

不同浓度臭氧水处理后,在 $13\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下贮藏,见图 5(a),果实的乙烯释放量随着贮藏时间的延长不断增加,除臭氧水浓度为 0.3 mg/L 的处理组外,其余各臭氧处理组果实的乙烯释放量均显著低于 ($P < 0.05$) 对照组;臭氧处理苹果后对果实乙烯释放量的抑制作用由大到小顺序依次为 $0.9, 0.6, 1.2, 0.3\text{ mg/L}$. 由此可知, $13\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的贮藏条件下,浓度为 0.9 mg/L 的臭氧水是抑制红富士果实乙烯释放的最优方式.

不同浓度臭氧水处理后,在 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下贮藏,见图 5(b),红富士苹果果实的乙烯释放量在贮藏期内不断上升,处理组的果实乙烯释放量均显著低于 ($P < 0.05$) 对照组;臭氧处理苹果后对果实乙烯释放量的抑制作用由大到小顺序依次为 $0.6, 0.9, 1.2, 0.3\text{ mg/L}$;浓度为 0.6 mg/L 的臭氧水对红富士果实乙烯释放量的抑制效果最优,其次为 0.9 mg/L ,但两者间无显著差异 ($P > 0.05$).

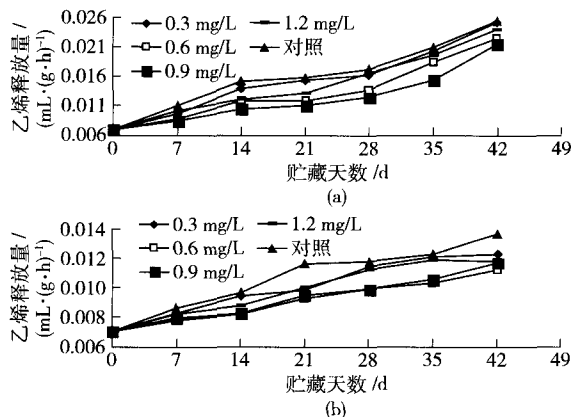


图5 不同浓度臭氧水处理对苹果果实在 $13\text{ }^{\circ}\text{C}$ (a) 和 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (b) 贮藏条件下乙烯释放量的影响

Fig. 5 Effects of ozone water at different concentrations on ethylene evolution of apple fruit during storage at $13\text{ }^{\circ}\text{C}$ (a) and $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (b)

2.6 臭氧水处理对苹果失重率的影响

不同浓度臭氧水处理后,在 $13\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下贮藏,见图 6(a),红富士苹果果实失重率随贮藏时间的延长不断升高,各臭氧处理组的失重率均低于对照组;失重率的由大到小顺序依次为对照组、 $1.2, 0.3,$

$0.6, 0.9\text{ mg/L}$,且浓度为 0.9 mg/L 的臭氧水处理与 0.6 mg/L 的处理间有显著差异 ($P < 0.05$). 从而可知, $13\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的贮藏条件下,臭氧处理可减少红富士苹果果实水分的丧失,并且浓度为 0.9 mg/L 的臭氧处理为最佳方式.

不同浓度臭氧水处理后,在 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下贮藏,见图 6(b),红富士苹果果实失重率随贮藏时间的延长不断升高,在贮藏期内的前 14d 果实失重率变化较平缓,随后失重率急剧增大;各试验组果实失重率由大到小顺序依次为对照组、 $1.2, 0.3, 0.6, 0.9\text{ mg/L}$. 因此, $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 贮藏条件下, 0.9 mg/L 的臭氧水处理可有效减轻果实的失重.

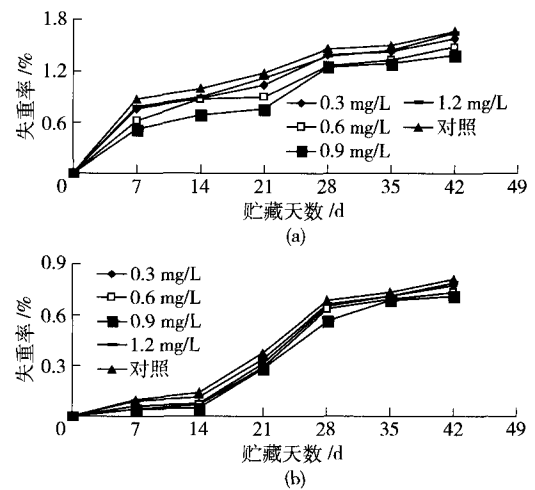


图6 不同浓度臭氧水处理对苹果果实在 $13\text{ }^{\circ}\text{C}$ (a) 和 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (b) 贮藏条件下失重率的影响

Fig. 6 Effects of ozone water at different concentrations on weight loss of apple fruit during storage at $13\text{ }^{\circ}\text{C}$ (a) and $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (b)

2.7 臭氧水处理对苹果腐烂率的影响

不同浓度臭氧水处理后,在 $13\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下贮藏,由表 1 可以看出,红富士果实在贮藏前 30 d 均无腐烂现象,随后开始有烂果出现,其腐烂率随着贮藏时间的不断延长呈增加趋势,且 90 d 后各处理组与对照组间的腐烂率均有显著性差异 ($P < 0.05$); 120 d 时各组间的腐烂率由大到小顺序依次为 1.2 mg/L 、对照组、 $0.3, 0.6, 0.9\text{ mg/L}$. 由此可知, $13\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的贮藏条件下选用 0.9 mg/L 的臭氧水处理方式可有效减缓红富士苹果果实的腐烂,从而提高果实品质、延长果实货架期.

$0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下贮藏的红富士苹果果实在贮藏 120 d 时各组均无腐烂现象发生.

表1 13℃贮藏条件下苹果果实腐烂率的变化
Tab.1 Change in decay rate of apple fruits during storage at 13℃

处理组	贮藏天数/d				
	0	30	60	90	120
0.3 mg/L	0 ^a	0 ^a	5% ^b	15% ^c	30% ^c
0.6 mg/L	0 ^a	0 ^a	0 ^c	5% ^d	10% ^d
0.9 mg/L	0 ^a	0 ^a	0 ^c	0 ^e	5% ^e
1.2 mg/L	0 ^a	0 ^a	5% ^b	35% ^a	50% ^a
对照	0 ^a	0 ^a	10% ^a	20% ^b	40% ^b

注:同一天相同字母表示差异不显著($P < 0.05$).

3 讨论

苹果属于典型的呼吸跃变型果实,其呼吸强度会在贮藏过程中不断增加并出现呼吸高峰^[10]. 本研究表明,臭氧对红富士苹果果实的呼吸有抑制作用,这与众多研究结果一致^[11-13],其原理可能与臭氧能钝化酶活性,减少养分消耗有关^[14]. 但也有报道,鲜切生菜^[15]的呼吸强度没有明显变化,京白梨^[16]的呼吸强度反而会增加. 同时,本研究结果显示,臭氧处理可明显降低苹果果实的乙烯释放量. 臭氧作为强氧化剂可分解除去果蔬在贮藏过程中产生的乙烯及其分解产物^[17],从而减缓果蔬的新陈代谢.

可溶性固形物含量、可滴定酸含量、硬度、水分含量的变化,是反映果实最常见的品质指标. 牛锐敏^[18]等发现臭氧处理对红富士苹果的硬度及可滴定酸含量无明显影响,且加速了果实的失水;臭氧处理鲜切青花菜对其可滴定酸含量没有影响,并增加了失重率^[19],而处理杨梅后加速了果实可溶性固形物的消耗^[20]. 该实验结果表明,两种贮藏温度下不同浓度臭氧水处理均可以有效延缓红富士苹果果实的可溶性固形物含量、可滴定酸含量、硬度的降低,减轻果实的失重,这与李喜宏^[21]、高瑞霞^[22]等对苹果的研究结果相一致.

4 结论

臭氧处理对红富士苹果具有较好的保鲜效果,维持了良好的贮藏品质. 0.9 mg/L 臭氧水处理的效果优于其他各组,且0.9 mg/L 臭氧水结合低温的贮藏方式更有利于红富士苹果贮藏品质的保持.

参考文献:

- [1] 陕西苹果:创造农业奇迹[J]. 果农之友,2011(7):41-42.
- [2] 李鹏霞,王炜,胡花丽,等. 次氯酸钙处理对红富士苹果贮藏生理和品质的影响[J]. 江苏农业科学,2008(6):231-233.
- [3] Khadre M A, Yuoseft A E, Kim J. Microbiological aspects of ozone applications in food: a review [J]. Journal of Food Science, 2001, 66(9): 1242-1252.
- [4] 牛锐敏,陈雀民,于蓉,等. 臭氧处理对红富士苹果生理变化及贮藏品质的影响[J]. 安徽农业科学,2009, 37(8):3749-3751.
- [5] 朱克华,杨震峰,陆胜民,等. 臭氧处理对黄花梨果实贮藏品质和生理的影响[J]. 中国农业科学,2009, 42(12):4315-4323.
- [6] 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,2007:46-49.
- [7] 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,2007:28-30.
- [8] 中华人民共和国农业部. GB/T 12295—90 水果蔬菜制品中可溶性固形物含量的测定 折射仪法[S].
- [9] 高俊凤. 植物生理实验指导[M]. 北京:世界图书出版公司,2000:116-117.
- [10] 罗桂杰. 中小型苹果采后贮藏生理特性的研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2008.
- [11] 伍小红,李建科,惠伟. 臭氧处理对苹果保鲜的影响研究[J]. 食品科技,2006(7):252-254.
- [12] 林银凤,温玉辉,董华强,等. 臭氧处理对番石榴贮藏保鲜的效果[J]. 江苏农业科学,2010(5):389-390.
- [13] 杨虎清,王文生. 化学保鲜剂和臭氧对巨峰葡萄贮藏保鲜的比较研究[J]. 食品科学,2001, 22(10):91-94.
- [14] 万娅琼,夏静,姚自鸣. 臭氧及负氧离子技术在果蔬贮藏保鲜上的应用[J]. 安徽农业科学,2001, 29(4):556-560.
- [15] Beltran D, Selma M V, Marin A, et al. Ozonated water extends the shelf life of fresh cut lettuce [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2005, 53:5654-5663.
- [16] 李丽萍. 臭氧处理对京白梨贮藏特性的影响[J]. 食品科学,1993(4):59-62.
- [17] Skog L, Chu C. Ozone technology for shelf life extension of fruits and vegetables [J]. Acta Horticulturae, 2000, 553:285-291.
- [18] 牛锐敏,陈雀民,于蓉,等. 臭氧处理对红富士苹果生理变化及贮藏品质的影响[J]. 安徽农业科学,2009, 37(8):3749-3797.
- [19] 陆胜民,孔凡春,王群. 臭氧处理鲜切青花菜品质的

- 影响[J]. 食品科技, 2003(8): 34-36.
- [20] 陆胜民, 柴春燕, 孔凡春, 等. 杨梅简易低温贮藏中的保鲜研究[J]. 农业工程学报, 2004, 20(6): 209-211.
- [21] 李喜宏, 宋壮兴, 田勇, 等. 苹果空气放电保鲜技术研究[J]. 沈阳农业大学学报, 1994, 25(1): 75-78.
- [22] 高瑞霞, 张平, 吴震, 等. 臭氧处理果蔬提高贮藏的初步试验[J]. 辽宁农业科学, 1993(5): 38-40.

Effects of Ozonated Water Treatment on Fruit Quality of Fuji Apple Stored at Two Temperatures

QIAO Cai-yun¹, LI Jian-ke¹, YU Zhen¹, ZHANG Ya-li¹, ZHANG Niu-zhi², ZHAO Yan-hua³, MA Li-hong³
 (1. College of Food Engineering and Nutritional Science, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China;
 2. Department of Agriculture and Forestry, Tibet Professional Technology College, Lhasa 850000, China;
 3. Shaanxi Huasheng (Group) Corp. Fruit Co. Ltd., Xi'an 710021, China)

Abstract: Effects of ozonated water treatments on storage of Fuji apple were investigated. Fuji apple were washed with ozonated water at concentrations of 0.3, 0.6, 0.9, 1.2 mg/L, and then stored at 13 °C and 0 °C, respectively. The quality and physiology changes of fruit were monitored periodically during storage. The results showed that ozone treatments could inhibit respiration rate and ethylene evolution of the Fuji apple, delay the decrease of total soluble solids, titratable acidity and firmness, and decrease the loss of water at both storage temperatures significantly. The fruit quality was better stored at 0 °C than at room temperature. The ozone water treatments can maintain higher storage quality of the Fuji apple, and the optimal concentration was 0.9 mg/L. Ozonated water treatment combined with cold storage was good for maintaining the fruit quality of Fuji apple.

Key words: ozonated water; fuji apple; physiology; quality; storage

(责任编辑:叶红波)

(上接第53页)

Progress of Isolation and Purification of Ursolic Acid from *Eriobotrya Japonica*

WU Li¹, ZHAO Wei², YANG Rui-jin²

(1. State Key Laboratory of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China;
 2. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: As a traditional Chinese medicine, *eriobotrya japonica* contains triterpene acids and other biologically active substances. The extraction, isolation and purification of ursolic acid from *eriobotrya japonica* were overviewed in this paper.

Key words: *eriobotrya japonica*; ursolic acid; isolation and purification; biological activity

(责任编辑:檀彩莲)