

适宜臭氧处理对甜瓜采后品质的影响

白友强¹, 赵晓敏¹, 许建², 王智弘浩¹, 董子凡¹, 周艳琴¹, 谢季云¹, 杜林笑¹, 马楠¹, 李丹¹, 李学文¹

(1. 新疆农业大学食品科学与药学院, 新疆乌鲁木齐 830052)

(2. 新疆农业职业技术学院园林科技学院, 新疆昌吉 831100)

摘要:以甜瓜西州密25号为实验对象,在温度6~8℃,RH80~85%条件下对甜瓜进行适宜的臭氧处理,通过臭氧发生器按照适宜的臭氧浓度和间隔处理时间在50L的塑料桶中进行密封40min处理,每次处理结束后去盖贮藏。研究甜瓜在42d贮藏期中通过适宜臭氧处理观察其相关品质指标的动态变化,以及适宜臭氧处理对链格孢和镰刀菌的抑菌影响。实验表明:适宜臭氧处理(浓度4.28mg/cm³、间隔时间24h)后的甜瓜糖度和硬度平均每天仅下降0.07、0.03%,臭氧对其下降起到了明显的延缓作用,同时降低了42%的失重率,对镰刀菌和链格孢起到很强的抑菌作用且对链格孢有更好的抑菌效果,平均每天仅增长4.04mm;适宜的臭氧处理对甜瓜采后低温贮藏品质有较好的保持作用,延长了贮藏期。本文为甜瓜采后低温贮藏保鲜提供了一定的理论基础。

关键词:甜瓜;臭氧;贮藏;品质;抑菌

文章编号:1673-9078(2018)04-107-113

DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.04.018

Effect of Suitable Ozone Treatment on Postharvest Quality of Muskmelon

BAI You-qiang¹, ZHAO Xiao-min¹, XU Jian², WANG Zhi-hong hao¹, DONG Zi-fan¹, ZHOU Yan-qin¹,

XIE Ji-yun¹, DU Lin-xiao¹, MA Nan¹, LI Dan¹, LI Xue-wen¹

(1.College of Food science and Pharmaceutics, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

(2.Garden Science and Technology College, Xinjiang Agricultural Vocational Technical College, Changji 831100, China)

Abstract: In this paper, the melon "Xizhoumi No.25" was treated with suitable ozone at the temperature of at 6~8℃ and RH of 80~85% for 40 min through a ozone generator in a plastic bucket of 50 L. After ozone treatment, the samples were sealed for storage. The dynamic changes of relevant quality indexes of melon treated by appropriate ozone during a 42-day storage and the antibacterial effects of suitable ozone treatment on *Alternaria alternata* and *Fusarium* were investigated. The results showed that the average sugar content and hardness of melon decreased by only 0.07% and 0.03%, respectively, after ozone treatment (concentration 4.28 mg/cm³, Intervals 24 h), indicating ozone had significant delaying effect on the decrease. Simultaneously, ozone treatment also reduced the weightlessness of the control group by 42%. It had a strong antibacterial effect on *F.semitectum* and *A.alternate* and has a better antibacterial effect on *A.alternate*. Appropriate ozone treatment had a good effect on the post-harvest low-temperature storage quality of melon and extended its shelf life.

Key words: melon; ozone; storage; quality; antibacterial

甜瓜是一种富有多种营养物质的水果,深受广大消费者的喜爱,同样也是新疆重要的农业产品,近年来新疆甜瓜品种不断增多,种植面积不断增大,现已有100多万亩的种植产地,每年产量也有250多万t。但是新疆甜瓜成熟期比较集中,产地温度比较高,自身生理代谢较快,达到成熟后快速衰老,以及镰刀菌、链格孢菌等致病菌的侵染使得甜瓜质量下降、腐烂加重,现已影响了甜瓜的正常发展,阻碍了新疆的农业产品经济的提升^[1]。李学文^[2]和张翠环^[3]等专家通过了1-MCP、CaCl₂等贮藏保鲜方式对甜瓜达到一定保鲜。

收稿日期:2017-12-06

基金项目:“十二五”农村领域国家科技计划课题(2011BAD27B01-02)

作者简介:白友强(1992-),男,硕士,研究方向:果品采后生理及保鲜

通讯作者:李学文,博士,教授,从事果蔬采后生理与贮藏保鲜技术研究

臭氧具有杀菌效果好、没有污染、无积累残留、使用方便等优点^[4,5]。2001年美国FDA将臭氧作为一种食品添加剂可以接触食品^[6],20世纪90年代我国就已经开始了臭氧在果蔬贮藏保鲜中的研究^[7],现已在医疗、养殖业等多方面得到了广泛的应用^[8]。李珍通过臭氧低温处理红提葡萄发现可以延缓果实硬度下降,提升果品质^[9];在适宜的贮藏环境下对京白梨定期臭氧处理可以很好的减少其重量的损失^[10];黄韵珠等通过臭氧处理苹果发现可以更好地保持苹果的质脆感^[11];

Ogawa等^[12]和Smilanick等^[13]研究发现臭氧可以一定程度上抑制真菌孢子的萌发以及菌丝的生长。但是,在果蔬贮藏方面同样有很多学者发现不同的臭氧处理方式以及不同的环境都会有很大的保鲜差异

[14~18], 甚至不合理的处理将会加重果蔬的病害及其腐烂。因此选择适宜的臭氧处理甜瓜, 使其达到良好的贮藏保鲜效果至关重要。

实验中通过适宜的臭氧(浓度 2.14、4.28、6.42 mg/cm³, 间隔时间 12、24、48 h) 处理甜瓜及致病菌, 分析对其甜瓜品质、抑菌效果的影响, 从而得到最优的臭氧贮藏保鲜甜瓜的方式, 为臭氧更好的应用到甜瓜产业保鲜中提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

西州密 25 号甜瓜, 于 2017 年 7 月 15 日采于新疆鄯善瓜果研究所试验田, 挑选大小均匀(2.0 kg 左右)、无病虫害、表体无伤痕、无机械损伤、可溶性固形物 13~14% 的甜瓜, 每箱用发泡网包装好 4 个, 并用绷带封箱运送到新疆农业大学实验室, 在常温下除田间热 12 h 后转到果蔬专用冷库(6~8 °C) 进行适宜的臭氧处理。

10 g/h 臭氧发生器: JY1000 型, 徐州金源有限责任公司; 分析天平: PL303 型, 梅特勒托利多仪器有限公司; 数显卡尺: 沪工, 上海九量五金工具有限公司; 电子秤: HY-805 型, 永康市华鹰衡器有限公司; 果实硬度计: GY-4 型, 浙江省建德市梅城电化分析仪器厂; 手持测糖仪: WYT-J 型, 深圳市三利化学有限公司; 臭氧检测仪: HT-03,0-5PPM, 北京恒泰利达科技有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 臭氧消减

在低温(6~8 °C, RH80~85%) 环境下每 4 个 50 L 自制具有上下两个通气口的塑料桶为一组, 共三组, 每个塑料桶装 18 个甜瓜, 处理前用密封盖封住塑料桶, 每组分别充入相应臭氧浓度(2.14、4.28、6.42 mg/cm³), 每隔 5 min 测定一次臭氧浓度, 得出在 35~40 min 左右各臭氧浓度消减为 0 mg/cm³。

1.2.2 臭氧处理

参照白友强前期实验设计^[19], 9 个处理组 1 个 CK, 甜瓜每组 18 个装于自制 100 L 塑料桶(具有上下两个通气口)。通过适宜臭氧处理(浓度 2.14、4.28、6.42 mg/cm³, 间隔时间 12、24、48 h) 甜瓜, 通气口下进气上检测, 每次臭氧发生器充气到达指定浓度密闭处理甜瓜 40 min, 之后去盖 6~8 °C, RH80~85% 条件下贮藏。测取 6 次样品, 每次 3 个平行, 分别间隔 7 d (前期)、14 d (后期) 测取样品。

表 1 不同臭氧处理组合

Table 1 Different ozone treatment combinations

表示	臭氧处理组合	
	浓度/(mg/cm ³)	间隔处理时间/h
CK	-	-
A ₁ B ₁	2.14	12
A ₁ B ₂	2.14	24
A ₁ B ₃	2.14	48
A ₂ B ₁	4.28	12
A ₂ B ₂	4.28	24
A ₂ B ₃	4.28	48
A ₃ B ₁	6.42	12
A ₃ B ₂	6.42	24
A ₃ B ₃	6.42	48

注: 下文间隔处理时间用 Δt 表示。

1.2.3 甜瓜贮藏期间生理指标的测定方法

1.2.3.1 可溶性固形物的测定方法

采用手持糖度计法测定: 每处理取 3 个瓜, 沿赤道切开, 在每个赤道面上取 4 个点测取, 最后取平均值, 单位: %。

1.2.3.2 硬度的测定方法

采用数显硬度计法测定, 每处理取 3 个瓜, 沿赤道切开, 在每个赤道面上取距离果皮和果心各 1.0 cm 处 4 个点测取, 最后取平均值, 单位: kg·cm⁻²。

1.2.3.3 失重率的测定方法

采用称重比较法进行测定, 每组称取 15 个瓜计算平均值, 采用曹建康等^[20]方法计算, 单位: %。

1.2.3.4 致病菌镰刀菌和链格孢的测定方法

参照徐仕翔等^[21]进行测定, 全程在无菌环境下进行, 用直径 10 mm 的打孔器打取活化好并长了 5 d 的菌片倒接到培养基上, 每隔 1 d 测取病斑直径的大小, 共测 7 次, 单位: mm。

1.3 数据处理方法

采用 Excel 2010、DPS7.05 和 SPSS 19.0 软件进行数据显著性分析处理。

2 结果与分析

2.1 不同臭氧处理对甜瓜采后 TSS 含量影响

如图 1 可以看出: 在贮藏过程中, TSS 含量呈不断下降趋势, 臭氧处理明显延缓了 TSS 含量的下降, 除 A₂B₁ 外, 4.28、6.42 mg/cm³ 处理效果优于 2.14 mg/cm³。2.14 mg/cm³ 处理 TSS 含量: A₁B₁>A₁B₂>A₁B₃, 随着处理间隔时间的增大, TSS 含

量依次降低；4.28、6.42 mg/cm³ 处理组：A₂B₂>A₂B₃>A₂B₁，A₃B₂>A₃B₁>A₃B₃，得到Δt24 h 处理效果最优；从图 2 可以看出，在贮藏后期第 42 d TSS 含量依次为：A₂B₂>A₃B₂>A₃B₃>A₁B₁>A₃B₁>A₁B₃>CK>A₁B₂>A₂B₃>A₂B₁，最优处理 A₂B₂ TSS 含量仅为 9.72%较 CK8.47%高出 1.25%，两者呈显著性差异 ($p<0.05$)。贮藏期间，不同臭氧处理延缓了 TSS 含量下降这与毕乃亮等^[22]发现臭氧处理可以延缓巨峰葡萄 TSS 降低，K.m.kute 等^[23]通过 $0.3\times 10^{-6}\sim 0.7\times 10^{-6}$ 臭氧气体处理草莓减缓了总固形物含量降低的研究结果一致。

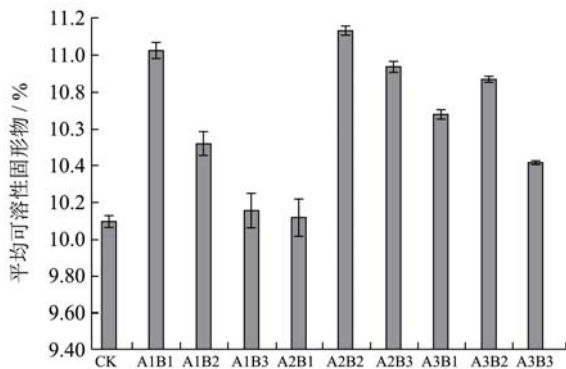


图 1 不同臭氧处理对甜瓜 42 d 平均可溶性固形物含量的影响

Fig.1 Effect of different ozone treatment on the average soluble solids content of melon fruits for 42 d

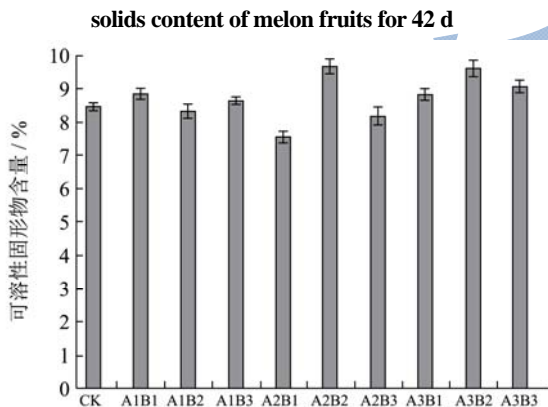


图 2 不同臭氧处理对甜瓜第 42 d 可溶性固形物含量的影响

Fig.2 Effect of different ozone treatment on the soluble solids content of melon fruits at 42 d

2.2 不同臭氧处理对甜瓜采后硬度的影响

果实硬度是影响甜瓜品质和口感的最直观指标，与果实生理代谢过程中组织和成熟度的变化密切相关，贮藏期间果实硬度的变化伴随着甜瓜衰老进程^[9,24]。

整个贮藏期、第 42 d 距果心 1.0 cm、距果皮 1.0 cm 的硬度分别为 3、4、5，随贮藏期的延长，果实硬度不断下降，如图 3，各臭氧处理相比 CK 均延缓了果

实硬度的下降，保持了较好的甜瓜硬度，从而延长贮藏期，最优处理 A₂B₂ 平均硬度仅为 1.93 kg/cm²。

如图 4，通过处理组与 CK 及处理组与处理组比较，在贮藏第 42 d 果心硬度经不同臭氧处理相比 CK 有着较好效果，且各处理组在相同间隔时间下，随臭氧浓度的增加，果心硬度也相应增加，相同间隔时间，果心硬度与臭氧浓度成正相关关系。同时 2.14、4.28、6.42 mg/cm³ 处理都在Δt24 h 下甜瓜硬度保持最高值，分别为 0.92、1.01、1.11 kg/cm²，较 CK 分别高出 61.4、77.2、94.7%，差异极显著 ($p<0.01$)，A₃B₂ 处理表现最优。相同间隔时间下浓度越大果心硬度越高，这与刘清河等^[26]用高浓度臭氧处理柿子更好的维持柿子的硬度，王丽等^[14]在臭氧处理河套密瓜中高浓度的臭氧要比低浓度的臭氧延缓果实硬度效果更明显的实验结果一致。如图 5，第 42 d 果皮硬度除 A₃B₁，其他与 CK 之间都呈显著性差异 ($p<0.05$)。处理组之间比较发现：除Δt48 h 相同间隔时间，随臭氧浓度的增大，果皮硬度先上升后下降，4.28 mg/cm³ 硬度最大；A₃B₁ 与 CK 果皮硬度只差 0.11 kg/cm²，差异不显著 ($p>0.05$)。

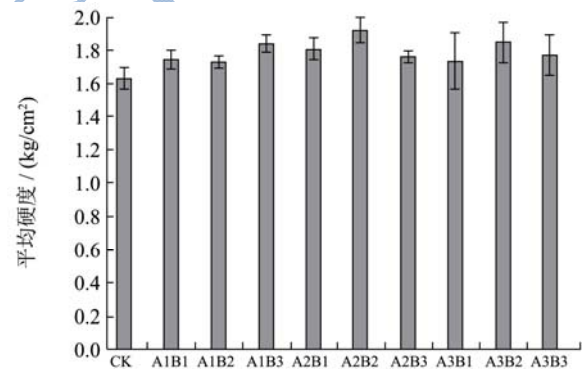


图 3 不同臭氧处理对甜瓜 42 d 平均硬度的影响

Fig.3 Effect of different ozone treatment on average hardness of melon fruits for 42 d

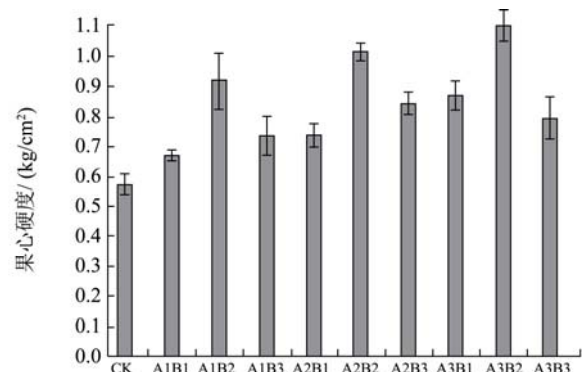


图 4 不同臭氧处理对甜瓜果心 1.0 cm 处第 42 d 硬度的影响

Fig.4 Effect of different ozone treatment on 1cm melon core hardness at 42 d

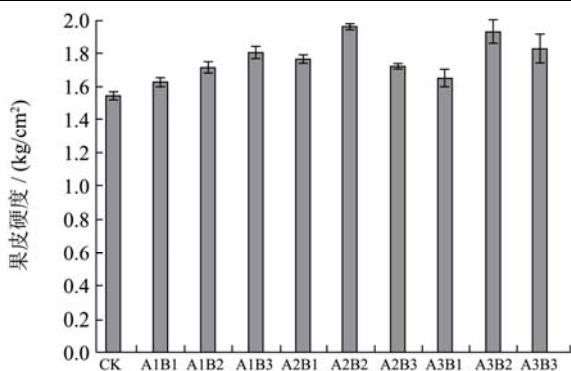


图5 不同臭氧处理对甜瓜果皮 1.0 cm 处第 42 d 硬度的影响

Fig.5 Effect of different ozone treatment on 1cm melon peel hardness at 42 d

2.3 不同臭氧处理对甜瓜采后失重率的影响

如表 2，果实失重率随贮藏时间的延长而不断增大。相同臭氧浓度不同间隔时间相互比较可以得出，贮藏前 28 d，A₁B₃、A₂B₂、A₃B₁、A₃B₃ 处理最优，A₂B₂ 失重率最少，与 CK 及各处理组之间都呈显著性差异 ($p < 0.05$)，每隔 7 d 测得 A₂B₂ 失重率分别为 0.88、1.44、2.16、2.94、3.71%，相比 CK 分别减少 0.52、1.27、1.73、2.14、2.69%，差异显著 ($p < 0.05$)。实验中不同臭氧处理抑制了失重率的快速增长，使果实保持了更好的性状这与 Bazarova 等^[25]通过 5~6 mg/m³ 臭氧处理苹果可以减少果实失重的结果一致。

表 2 不同臭氧处理对甜瓜失重率的影响

Table 2 Effect of different ozone treatment on the weightlessness of melon fruits

处理组	失重率/%					
	贮藏天数/d					
	0	7	14	21	28	35
CK	0.00	1.4±0.32 ^w	2.71±0.33 ^{no}	3.89±0.34 ^s	5.08±0.34 ^c	6.4±0.35 ^a
A ₁ B ₁	0.00	0.86±0.27 ^z	1.9±0.27 ^{tu}	2.57±0.27 ^{nop}	3.3±0.27 ^k	4.16±0.26 ^f
A ₁ B ₂	0.00	1.4±0.15 ^w	2.29±0.15 ^{qc}	3.62±0.14 ^l	4.7±0.14 ^d	5.71±0.14 ^b
A ₁ B ₃	0.00	0.82±0.24 ^z	1.65±0.24 ^v	2.42±0.24 ^{pq}	3.41±0.24 ^{jk}	4.45±0.13 ^e
A ₂ B ₁	0.00	1.32±0.19 ^w	2.01±0.19 st	2.91±0.2 ^{lm}	3.82±0.2 ^{gh}	3.56±0.2 ^{ij}
A ₂ B ₂	0.00	0.88±0.24 ^z	1.44±0.25 ^w	2.16±0.25 ^{ts}	2.94±0.25 ^{lm}	3.71±0.25 ^{ghi}
A ₂ B ₃	0.00	1.11±0.17 ^{xy}	2.75±0.17 ^{mn}	2.69±0.17 ^{no}	3.68±0.17 ^{hi}	4.44±0.18 ^e
A ₃ B ₁	0.00	0.93±0.25 ^{yz}	1.75±0.24 ^{uv}	2.62±0.23 ^{no}	3.380.23 ^{jk}	4.12±0.23 ^f
A ₃ B ₂	0.00	1.29±0.24 ^{wx}	2.02±0.25 st	3±0.24 ^l	3.73±0.24 ^{ghi}	4.71±0.24 ^d
A ₃ B ₃	0.00	0.49±0.25 ⁱ	2.03±0.25 st	2.53±0.25 ^{op}	3.39±0.25 ^{jk}	4.25±0.25 ^{ef}

注：同组以及组和组之间所有数据进行比较，表中不同小写字母表示差异显著 ($p < 0.05$)，相同字母的表示差异不显著。

表 3 不同臭氧处理对甜瓜致病菌的抑制作用

Table 3 Effect of different ozone treatment on the pathogen growth of melon fruits

处理组	镰刀菌 (<i>F. semitectum</i>) /mm				链格孢 (<i>A. alternata</i>) /mm			
	生长天数/d				生长天数/d			
	1	3	5	7	1	3	5	7
CK	21.13±3.19 ^{lm}	47.47±5.60 ^h	76.26±5.75 ^c	-	21.66±1.98 ^s	34.01±4.01 ^{opq}	48.07±4.86 ^{jk}	59.04±4.99 ^{ef}
A ₁ B ₁	23.07±0.76 ^l	47.97±0.52 ^h	76.85±0.83 ^c	-	21.22±0.46 st	36.29±2.49 ^{no}	50.51±4.83 ⁱ	68.21±4.07 ^b
A ₁ B ₂	19.01±4.74 ^{mno}	41.76±4.87 ⁱ	71.74±4.32 ^{de}	-	20.47±0.9 st	36.32±2.49 ^{no}	50.92±2.29 ^j	65.15±3.62 ^c
A ₁ B ₃	15.67±0.25 ^{op}	35.34±0.9 ^j	55.84±3.14 ^g	76.21±2.48 ^c	19.8±1.88 st	34.49±4.42 ^{op}	48.05±6.98 ^{jk}	60.60±6.4 ^{de}
A ₂ B ₁	19.16±2.73 ^{mm}	41.66±3.43 ⁱ	64.93±4.51 ^f	86.3±3.16 ^a	19.51±3.33 ^{stu}	33±4.31 ^{pqr}	47.08±4.24 ^{kl}	61.58±3.31 ^d
A ₂ B ₂	15.50±2.57 ^p	31.34±3.67 ^k	49.26±4.22 ^h	70.3±3.45 ^e	17.25±1.7 ^u	30.66±4.67 ^r	39.28±3.45 ^m	50.42±2.45 ^{ij}
A ₂ B ₃	22.29±0.61 ^{lm}	50.26±0.52 ^h	62.59±3.06 ^f	84.26±2.34 ^{ab}	18.92±2.67 ^{tu}	32.03±2.35 ^{qr}	44.94±3.11 ^l	60.42±2.75 ^{de}
A ₃ B ₁	16.33±0.78 ^{nop}	36.55±0.78 ^j	59.04±0.74 ^g	82.42±2.54 ^b	20.66±1.3 st	37.58±3.14 ^{mm}	55.26±2.55 ^{gh}	68.68±4.65 ^b
A ₃ B ₂	22.92±0.67 ^l	48.92±1.28 ^h	63.79±3.56 ^f	87.2±3.43 ^a	20.49±1.8 st	37.60±2.2 ^{mm}	56.67±3.54 ^{fg}	72.36±5.19 ^a
A ₃ B ₃	21.74±0.34 ^{lm}	47.45±0.79 ^h	74.1±1.14 ^{cd}	-	20.79±1.4 st	38.24±1.67 ^{mm}	53.38±1.85 ^h	68.50±2.8 ^b

注：同组以及组和组之间所有数据进行比较，表中不同小写字母表示差异显著 ($p < 0.05$)，相同字母的表示差异不显著。

2.4 不同臭氧处理对甜瓜致病菌的抑制作用

如表 3, 适宜的臭氧处理明显抑制了镰刀菌和链格孢的菌落生长。相同臭氧浓度下随着间隔时间的增长, 2.14、4.28、6.42 mg/cm³ 下两种致病菌菌落直径分别呈下降、先下降后上升、上升的趋势; 相同间隔时间下随着臭氧浓度的增大镰刀菌菌落直径分别呈下降、先下降后上升、上升的趋势, 链格孢呈先下降后上升的趋势; 低浓度下两种菌落直径均超过 CK, 综合分析发现, A₂B₂ 处理两种致病菌菌落直径一直保持最低, 平均每天分别增长 8.61、5.77 mm, 与 CK 呈极显著性差异 ($p < 0.01$) 且臭氧对链格孢的抑菌效果明显优于镰刀菌。不同臭氧浓度和间隔时间有着不同的抑菌效果, 臭氧对病原真菌的强氧化作用破坏了细胞内的脂类物质^[26], 从而抑制了菌落的生长。

3 讨论

3.1 甜瓜硬度是果实中多聚半乳糖醛酸酶、果胶酶和细胞壁等相关物质^[27,28]共同维持的显著性品质指标。实验中不同臭氧处理甜瓜明显抑制了果实硬度下降速度, 延长了贮藏期, 这与耿胜荣等^[29]通过对草莓进行臭氧 3 min 处理, 很好的保持了果实硬度, ALWIN 等^[30]发现一定臭氧浓度能保持水果椒硬度, 夏静等^[31]臭氧处理冬果梨、李丽萍等^[10]臭氧处理京白梨、黄韵珠等^[11]0.3×10⁻⁶ 臭氧处理苹果得到的研究结果相似。臭氧虽可抑制果实表皮内含物质的分解而延缓果实硬度下降, 但间隔时间和臭氧浓度对果皮硬度的影响有不同效果, 4.28 mg/cm³ 浓度下处理值最大, 臭氧浓度太低对甜瓜果皮硬度的相关果胶酶活性抑制效果相对较弱; 浓度过高, 它的强氧化性会对果实组织产生一定的伤害, 臭氧间断式处理造成果实失水以致出现软化果皮组织^[32]。因此, 需要根据不同的果蔬种类、不同的组织结构来确定适宜的臭氧处理条件显得尤为重要。

3.2 TSS 主要是糖类物质总和, 既是甜瓜感官评价的重要指标, 也是消费者挑选甜瓜可食性的依据。实验发现, 适宜臭氧处理延缓了果实 TSS 含量的下降, 但是随处理间隔时间及贮藏时间的延长, 臭氧抑制 TSS 下降的效果减弱, 可能因为间隔时间的增大臭氧浓度不足以抑制甜瓜代谢产生的有害气体, 同时随贮藏时间的延长, 甜瓜代谢活动也会随之增强, 消耗更多的 TSS 来维持自己生命活动的正常进行^[33]; 同时发现相同浓度下 Δt24 h 处理最优, 说明在浓度相同的情况下, 间隔时间的大小对甜瓜采后 TSS 含量也起着关键性影响。

3.3 果实失重是其生命活动正常进行所表现的指标之一, 研究如何更好的保持果实的重量是果蔬贮藏方面的基础。适宜臭氧处理延缓了贮藏期甜瓜失重率的增大, 这是因为臭氧可以诱导表皮细胞气孔关闭^[34], 减少果实的蒸腾作用以减少水分的散失, 同时抑制甜瓜的后熟, 减少果实组织营养物质成分的损失来缓解甜果重量的减少^[33,35,36]。但贮藏后期, 最优处理 A₂B₂ 虽与 CK 呈显著性差异, 但与其他处理组无显著优势, 可能因为贮藏后期, 呼吸代谢的增加及臭氧分解产生的氧分压增大, 促使了营养物质的消耗, 一定程度上增大了失重率, 使贮藏后期处理组之间差异减小^[37,38]。

3.4 镰刀菌和链格孢是甜瓜主要的致病菌^[39,40], 适宜的臭氧处理起到了很好的抑菌作用, 这与李慧^[41]和于弘慧^[26]发现臭氧可较强抑制镰刀菌、抑制真菌病原体一致, 与延长甜瓜贮藏期、保持较好的甜瓜品质有着密切的关系; 低臭氧浓度分解速度快接触真菌面积少起不到相应的抑菌效果, 但是浓度过高, 抑菌效果并没有相应的增强, 这可能是因为臭氧对单位面积菌落抑菌能力达到饱和^[42,43], 因此需要一个合适的臭氧处理显得尤为重要。

3.5 综合分析甜瓜采后品质相关指标的动态变化以及对其抑菌的影响, 发现适宜的臭氧处理可以抑制硬度和 TSS 含量的下降, 有效延缓了失重率的上升, 对镰刀菌和链格孢菌落有很强的抑制作用且对链格孢抑菌效果强于镰刀菌; 适宜臭氧处理对甜瓜有着至关重要的影响, 需要根据不同的果蔬来选择最适的处理方式, 且臭氧处理甜瓜 28 d 前效果最好, 到贮藏后期将无显著性保鲜效果, 最后得到最适甜瓜采后低温臭氧处理为 4.28 mg/cm³ 和间隔时间为 24 h, 但是对于臭氧 40 min 减为 0 mg/cm³, 自身削减和作用甜瓜的量目前还无法确定, 需要进一步的研究。

参考文献

- [1] 张宁. 臭氧降解蔬菜中农药残留机理与效果研究[J]. 食品与机械, 2006, 22(4): 57-59, 66
ZHANG Ning. Study on mechanism and effect for degradation pesticide residues in vegetable by Ozone [J]. Food and Machinery, 2006, 22(4): 57-59, 66
- [2] 李学文. 1-MCP 和 MeJA 对哈密瓜采后品质调控及其机理研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2011
LI Xue-wen. Study on 1-MCP and MeJA regulation and mechanism of quality of Hami Melon fruit after harvest [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2011
- [3] 张翠环, 郑贺云, 耿新丽, 等. CaCl₂ 处理对厚皮甜瓜贮藏性能的影响[J]. 现代食品, 2017, 2(3): 82-84

- ZHANG Cui-huan, ZHENG He-yun, GENG Xin-li, et al. Effect of CaCl_2 Treatment on Storage Performance of Muskemlo [J]. *Modern Food*, 2017, 2(3): 82-84
- [4] 杨文雄.臭氧在果蔬贮藏保鲜中的应用[J].农业工程技术(农产品加工业),2008,2:21-24
- YANG Wen-xiong. Application of Ozone for storage and preservation of fruit and vegetable [J]. *Agricultural Engineering (Agricultural Products Processing)*, 2008, 2: 21-24
- [5] 白华飞,张昭其.臭氧在果蔬贮藏保鲜上的应用[J].食品科技,2003,1:80-82
- BAI Hua-fei, ZHANG Shao-qi. Application of Ozone in preservation of fruits and vegetables [J]. *Food Science and Technology*, 2003, 1: 80-82
- [6] Albert P, Jean-F P. Secondary direct food additives permitted in food for human consumption [J]. *Federal Register*, 2001, 123(66): 33829-33830
- [7] 刘晋联,郝玲英.臭氧、保鲜剂及温度对哈密瓜呼吸强度及贮藏效果的影响[J].山西气象,2007,3:18-20
- LIU Jin-lian, HAO Ling-ying. The influence of Ozone, fresh keeper liquor and temperature to the respiration intensity and storage effect of cantaloupe [J]. *Shanxi Weather*, 2007, 3: 18-20
- [8] 牛锐敏,饶景萍.臭氧在果品保鲜中的应用研究[J].西北农业学报,2005,14(5):173-176
- NIU Rui-min, RAO Jing-ping. Application of Ozone in fresh-keeping of fruits [J]. *Northwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2005, 14(5): 173-176
- [9] 李珍,王宁,邓冰,等.冰温结合臭氧对销地红提葡萄保鲜效果研究[J].核农学报,2016,2:275-281
- LI Zhen, WANG Ning, DENG Bing, et al. The study of ice emperature combined with ozone on storage effect of red globe grapes in sales market [J]. *Journal of Nuclear Agricultural Sciences*, 2016, 2: 275-281
- [10] 李丽萍,韩涛,黄万荣.臭氧处理对京白梨贮藏特性的影响[J].食品科学,1993,14(4):59-62
- LI Li-ping, HAN Tao, HUANG Wan-rong. Effect of Ozone treatment on storage characteristics of Jingbai pear [J]. *Food Science*, 1993, 14(4): 59-62
- [11] 黄韵珠,王勋陵.臭氧对梨和苹果贮藏的影响[J].植物生理学通讯,1990,3:78
- HUANG Yun-zhu, WANG Xun-ling. Effect of Ozone on the storage of pears and apples [J]. *Plant Physiology Communication*, 1990, 3: 78
- [12] Ogawa J M, Feliciano A J, Manji B T. Evaluation of Ozone as A disinfectant in post-harvest dtuuptank treatment for tomato [J]. *Phytopathology*, 1990, 80: 1020
- [13] Smilanick J L, Margosan D M, Mlikota F, et al. Control of citrus green mold by carbonate and bicarbonate salts and the influence of commercial post-harvest practices on the inefficacy [J]. *Plant Disease*, 1999, 83: 139-145
- [14] 王丽.臭氧处理对河套密瓜采后生理及贮藏品质影响的研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2005
- WANG Li. Study on the effect of Ozone treatment on postharvest physiology and quality of Cucumis melo L. cv Hetao [D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2005
- [15] 姚开,贾冬英,谭敏.臭氧在果蔬加工中的应用[J].食品科学,2002,23(5):149-151
- YAO Kai, JIA Dong-ying, TAN min. Application of Ozone in fruit and vegetable processing [J]. *Food Science*, 2002, 23(5): 149-151
- [16] 李勤,张萌萌,蒋国玲,等.臭氧在果蔬贮藏保鲜中的应用研究综述[J].中国南方果树,2011,40(5):29-32
- LI Qin, ZHANG Meng-meng, JIANG Guo-ling, et al. Research and application of Ozone in post-harvest storage of fruits and vegetables [J]. *Fruit Trees in Southern China*, 2011, 40(5): 29-32
- [17] 高庆义,任少亭.臭氧对植物的影响[J].植物杂志,1999,5:37-38
- GAO Qing-yi, REN Shao-ting. The impact of Ozone on plants [J]. *Plant Magazine*, 1999, 5: 37-38
- [18] 徐港明,韩英,万能,等.臭氧在农产品贮藏保鲜上的研究进展[J].安徽农业科学,2015,20:275-277
- XU Gang-ming, HAN Ying, WAN Neng, et al. The research progress of Ozone in agri-foods preservation [J]. *Anhui Agricultural Sciences*, 2015, 20: 275-277
- [19] 白友强,廖亮,许建,等.不同臭氧处理对甜瓜采后生理影响的研究[J].食品工业科技,2017,21
- BAI You-qiang, LIAO Liang, XU Jian, et al. Effects of different Ozone treatments on postharvest physiological of melon [J]. *Food Industry Technology*, 2017, 21
- [20] 曹健康,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
- CAO Jian-kang, JIANG Wei-bo, ZHAO Yu-mei. Fruit and vegetable post-harvest physiological and biochemical experiments guide [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2007
- [21] 徐仕翔.月桂精油及其复合保鲜方法对樱桃番茄采后病害抑制效果的研究[D].浙江:浙江大学,2016

- XU Shi-xiang. Effect of Laurus Nobilis essential oil and its composite preservation method on the postharvest disease of cherry tomato [D]. Zhejiang: Zhejiang University, 2016
- [22] 毕乃亮,韩尧堂.臭氧用于葡萄贮藏的试验研究[J].落叶果树,1990,22(3):4-6
- BI Nai-liang, HAN Rao-tang. Ozone is used in the experimental study of grape storage [J]. Deciduous Fruit Trees, 1990, 22(3): 4-6
- [23] Kutc K M, ZhouC, Barth M M. The effect of Ozone exposure on total ascorbic acid activity and soluble solids content in strawberry [R]. Proc.IFT Ann Mcctint;1995,82
- [24] 李玉,秦文,李杰,等.气调、臭氧及 1-MCP 处理对佛手瓜贮藏品质的影响[J].食品与机械,2015,31(4):138-143
- LI Yu, QIN Wen, LI Jie, et al. Effects of controlled atmosphere, Ozone and 1-MCP on ahayote quality during storage [J]. Food and Machinery, 2015, 31(4): 138-143
- [25] Bazarova V I. Use of Ozone in storage of apple [J]. Food Sci. Technol. Ahstr., 1982, 4: 11, 1653
- [26] 于弘慧,王之莹,田赛,等.臭氧气体处理对甜瓜和雪梨果实贮藏品质及效果的影响[J].北京农学院学报,2017,32(1):95-101
- YU Hong-hui, WANG Zhi-ying, TIAN Sai, et al. Effects of Ozone treatment on quality of stored melon and Chinese pears [J]. Journal of Beijing Agricultural College, 2017, 32(1): 95-101
- [27] 陈金印,吴友根.采后热处理与果实贮藏[J].植物生理学通讯,2003,39(1):83-88
- CHEN Jin-yin, WU You-gen. Postharvest heat treatment and fruit storage [J]. Plant Physiology Communication, 2003, 39(1): 83-88
- [28] ALWI N A, ALI A. Dose-dependent effect of Ozone fumigation on physiological characteristics, ascorbic acid content and disease development on bell pepper(*Capsicum annuum* L.) during storage [J]. Food and Bioprocess Technology, 2015, 8(3): 558-566
- [29] 耿胜荣,段颖,顾振新,等.O₃ 处理对草莓果贮藏品质的影响[J].食品与发酵工业,2003,29(11):28-30
- GENG Sheng-rong, DUAN Ying, GU Zhen-xin, et al. Effect of O₃ treatment on the storage quality of strawberry berries [J]. Food and Fermentation Industries, 2003, 29(11): 28-30
- [30] 刘清和,徐正敏.果蔬臭氧保鲜贮存的研究[J].中国果品研究,1985,1:6-8
- LIU Qing-he, XU Zheng-min. Study on fresh storage of Ozone in fruits and vegetables [J]. Chinese Fruit Research, 1985, 1: 6-8
- [31] 夏静,姚自鸣,宋学芬,等.果蔬保鲜延贮中臭氧及负氧离子应用效果[J].北方园艺,1998,1:38-39
- XIA Jing, YAO Zi-ming, SONG Xue-fen, et al. Effect of Ozone and negative oxygen ion application in preservation of fruits and vegetables [J]. Northern Gardening, 1998, 1: 38-39
- [32] Spalding D H. Effect of Ozone atmospheres on spoilage of fruits and vegetables after harvest [R]. U.S.Dept. Agric. Market in Research Rport, 1968, 801: 9
- [33] 骆蒙,方天祺,张治中,等.甜瓜成熟期间多聚半乳糖醛酸酶与乙烯的变化和果实软化的关系(简报)[J].植物生理学通讯,1996,5:338-341
- LUO Meng, FANG Tian-qi, ZHANG Zhi-zhong, et al. Relationship between changes of polygalacturonase and ethylene and fruit softening during melon ripening (Briefing) [J]. Plant Physiology Communication, 1996, 5: 338-341
- [34] 赵钦球,邹琦丽.空气放电保鲜对新会橙果皮气孔开张度的影响[J].中国柑桔,1990,19(3):30-31
- ZHAO Xin-qiu, ZOU Qi-li. Effect of air discharge preservation on stomatal opening [J]. Chinese Citrus, 1990, 19(3): 30-31
- [35] 余世望,叶保平.水果的臭氧保鲜试验[J].食品科学,1994,15(9):64-66
- YU Shi-wang, YE Bao-ping. Ozone fresh fruit preservation experiment [J]. Food Science, 1994, 15(9): 64-66
- [36] 邯郸市付食品公司.臭氧保鲜水果实验[J].制冷学报,1981, 2:62-66
- Handan Non-staple Foodstuffs Company. Ozone fresh fruit experiment [J]. Refrigeration Journal, 1981, 2: 62-66
- [37] 杨文领,何锦风,王群.应用“湿冷系统”贮藏新鲜荔枝的研究[J].食品工业科技,2001,4:15-17
- YANG Wen-ling, HE Jin-feng, WANG Qun. Study on storage of fresh Lychee with "Humidification System" [J]. Food Industry Technology, 2001, 4: 15-17
- [38] 赵丽芹,韩育梅,王丽,等.不同浓度臭氧对河套密瓜贮藏品质影响的研究[J].食品科学,2007,28(2):343-345.
- ZHAO Li-qin, HAN Yu-mei, WANG Li, et al. Effect of different concentration of Ozone on storage quality of hetao honey melon [J]. Food Science, 2007, 28(2): 343-345
- [39] Yang B, Shiping T, Hongxia L, et al. Effect of temperature on chilling injury, decay and quality of hami melon during storage [J]. Postharvest Biology Technology, 2003, 29: 229-232
- [40] 黄伟,冯作山,白羽嘉,等.采后果实链格孢属真菌病害防治方法研究进展[J].食品与机械,2016,32(3):247-252
- HUANG Wei, FENG Zuo-shan, BAI Yu-jia, et al. Advances

- on methods to control fungal diseases of *alternaria* Spp in postharvest [J]. *Food and Machinery*, 2016, 32(3): 247-252
- [41] 李慧,黄思,齐小保,等.臭氧和负离子对镰刀菌 M4 抑制作用及其机理的初步研究[J].*长江蔬菜*,2013,18:98-101
LI Hui, HUANG Si, QI Xiao-bao, et al. Inhibiti on effects and mechanism of Ozone and anion on fusarium M4 [J]. *Yangtze River Vegetables*, 2013, 18: 98-101
- [42] 张静林,王书兰,陶阳,等.臭氧处理对脱水蒜片减菌效果及品质的影响[J].*食品工业科技*,2016,37(17):312-315,321
ZHANG Jing-lin, WANG Shu-lan, TAO Yang, et al. Effects of Ozone on sterilization and major quality of the dehydrated garlic slices [J]. *Food Industry Technology*, 2016, 37(17): 312-315, 321
- [43] 蔡文韬,夏延斌,夏波,等.黏质红酵母的鉴定及链格孢菌抑菌机制的研究[J].*食品与机械*,2013,29(2):54-59,76
CAI Wen-tao, XIA Yan-bin, XIA Bo, et al. Identification of *Rhodotorula mucilaginosa* strain-39 and its antagonistic activity against *Alternaria alternata* [J]. *Food and Machinery*, 2013, 29(2): 54-59, 76