

# 臭氧水处理对鲜切猕猴桃品质的影响

张丽华, 纵伟, 李青, 殷云飞, 聂钰洪

(郑州轻工业学院食品与生物工程学院, 河南郑州 450002)

**摘要:**为了研究臭氧水对鲜切猕猴桃保鲜效果的影响,本实验以“海沃德”猕猴桃为试材,研究了不同浓度的臭氧水处理对鲜切猕猴桃可溶性固形物、可滴定酸、失重率、色差、抗坏血酸含量及细菌总数的影响。结果表明,0.7mg/L的臭氧水处理可以减缓鲜切猕猴桃贮藏期间可溶性固形物含量、色差值( $L^*$ 值和 $a^*$ 值)和抗坏血酸含量的下降,并可以显著降低鲜切猕猴桃表面的细菌总数,在贮藏14d时细菌总数保持在 $10^6$ CFU/g以内,可以满足鲜切果蔬对微生物安全性的要求。然而,不同浓度臭氧水处理对鲜切猕猴桃的失重率和可滴定酸含量没有显著影响。实验结果表明,采用浓度为0.7mg/L的臭氧水浸渍鲜切猕猴桃5min,并于4℃条件贮藏,可使鲜切猕猴桃的货架期由10d(对照组)延长至14d。

**关键词:**臭氧水,鲜切,猕猴桃,贮藏,品质

## Effect of ozonated water on quality of fresh-cut kiwifruit

ZHANG Li-hua, ZONG Wei, LI Qing, YIN Yun-fei, NIE Yu-hong

(College of Food and Biological Engineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** In order to study the role of ozonated water on the quality of fresh-cut kiwifruit, the fruit of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*, cv. "Hayward") was used to investigate the different concentrations of ozonated water treatment on the soluble solid content (SSC), titratable acid (TA), weight loss, color ( $L^*$  and  $a^*$ ), ascorbic acid content and the number of bacteria of fresh-cut kiwifruit during 4℃ storage. Results showed that 0.7mg/L ozonated water could slow down the loss of SSC, color ( $L^*$  and  $a^*$ ) and ascorbic acid content of fresh-cut kiwifruit. It could also decline the total plate counts (TPC) of fresh-cut kiwifruit significantly and control the TPC within  $10^6$ CFU/g after 14 days, which meet the microbial safety requirement for fresh-cut fruits and vegetables. However, different concentrations of ozonated water treatment had no significant effects on weight loss and titratable acid (TA) content of fresh-cut kiwifruit. The results showed that 0.7mg/L ozonated water treatment could extend the shelf life of fresh-cut kiwifruit from 10 days (control) to 14 days.

**Key words:** ozonated water; fresh-cut; kiwifruit; cold storage; quality

中图分类号: TS255.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2015)08-0315-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2015.08.057

鲜切果蔬是近年来兴起的新兴果蔬加工产业,具有方便快捷、品质新鲜和100%食用的特点,深受市场欢迎。然而,鲜切果蔬在加工过程中的切割处理,加速了其在后续贮藏中的生理生化反应,导致微生物滋长、营养物质外渗、失重率增加、外观品质变差等现象产生,严重影响其货架期<sup>[1]</sup>。因此,寻找延长鲜切果蔬货架期的适宜保鲜方法尤为重要。

猕猴桃果实营养全面,色泽翠绿,口感酸甜可口,将其加工成鲜切产品不仅食用方便,而且可提高其附加值。但是,猕猴桃果实采后呼吸旺盛,在常温下(25℃)放置7d左右即可后熟软化<sup>[2]</sup>,而鲜切后则更易衰老腐败。近年来研究表明,采用气调包装<sup>[3]</sup>、轻度热处理<sup>[4]</sup>、1-MCP处理<sup>[5]</sup>、涂膜保鲜<sup>[6]</sup>等对延长鲜切猕猴桃的货架期都有一定的效果,而未见采用臭氧或臭氧水处理对鲜切猕猴桃贮藏品质的研究报道。

臭氧或臭氧水保鲜是一种物理保鲜技术,臭氧除了具有杀灭或抑制霉菌和微生物生长、防止果实腐烂等作用外,还可以氧化分解果蔬新陈代谢呼吸出的催熟剂——乙烯,因此具有延缓衰老的作用<sup>[7]</sup>。目前,已有将臭氧或臭氧水处理应用在鲜切茄子<sup>[8]</sup>、鲜切生菜<sup>[9-10]</sup>、鲜切绿甜椒<sup>[10]</sup>、洋葱<sup>[11]</sup>、鲜切花椰菜<sup>[12]</sup>、鲜切菠萝<sup>[13]</sup>及绿芦笋保鲜<sup>[14]</sup>等果蔬产品中,且均获得了较好的保鲜效果,然而未见将臭氧水应用于鲜切猕猴桃保鲜的报道。本研究通过对猕猴桃进行鲜切加工,采用不同浓度的臭氧水处理,定期测定贮藏期内的各项品质指标的变化,分析其变化规律,以期为臭氧水处理在鲜切猕猴桃保鲜中的应用提供有益的参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与仪器

猕猴桃 品种为海沃德,购自郑州市世纪联华

收稿日期:2014-07-04

作者简介:张丽华(1982-),女,博士,讲师,研究方向:果蔬保鲜与加工。

基金项目:郑州轻工业学院博士科研启动金项目(2013BSJJ003);郑州轻工业学院大学生科技创新项目。

超市,购买的猕猴桃可溶性固形物含量为9%~10%。挑选形状正常、无机械损伤、大小一致的果实;碘化钾、硫酸、盐酸、硫代硫酸钠、可溶性淀粉、营养琼脂培养基、75%乙醇、草酸、抗坏血酸、无水碳酸钠、2,6-二氯酚靛酚、碘酸钾、氢氧化钠等均为国产分析纯;食品级PE保鲜膜(透湿量公称值为(62%±20%)[g/(m<sup>2</sup>·24h)],O<sub>2</sub>透过率公称值为(24580%±20%)[cm<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·24h·atm)],CO<sub>2</sub>透过率公称值为(53000%±20%)[cm<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·24h·atm)])购自泉州市丰泽宏兴塑胶日用品有限公司。

SC-80C型全自动色彩色差计 北京康光光学仪器有限公司;AL204型电子天平 梅特勒-托利多仪器有限公司;BC/BD-429H型冰柜 海尔;ZFS-6型臭氧发生器 郑州名友实业有限公司;HC-3618R型高速冷冻离心机 安徽中科中佳科学仪器有限公司;SW-CJ-2D型超净工作台 苏州净化设备有限公司;WYT手持折光仪 成都光学配件厂;DNP-9052A型电热恒温培养箱 上海鸿都电子科技有限公司;HH-S4型恒温水浴锅 金坛市医疗仪器厂;SYQ-DSX-280B型高压蒸汽灭菌锅 上海申安医疗器械厂;SHB-3型循环水多用真空泵 郑州杜甫仪器厂。

## 1.2 实验方法

1.2.1 试材处理 猕猴桃运回实验室后,立即清洗,去皮,用消毒后的锋利不锈钢刀切片(厚度控制在8~10mm)。称取500g鲜切猕猴桃,分别放入臭氧浓度为0.5、0.7、0.9mg/L的4L纯净水中浸泡5min。之后,迅速捞出,沥水后分装于食品级生鲜托盘(18.7cm×14cm)中,每盘6片,采用食品级PE保鲜膜覆盖,置于(4±0.5)℃的冰柜中贮藏。每2d取样一次,每次取4盘,各项测定指标重复3次,取平均值。以未通臭氧的纯净水浸泡鲜切猕猴桃5min作为对照,贮藏第0d的数据为各组处理3h后所得。

1.2.2 臭氧水浓度的测定 采用碘量法<sup>[15]</sup>。精密量取不同浓度的臭氧水300mL,置于500mL具塞锥形瓶中,加入20mL 20%的碘化钾溶液,混匀,再加入5mL 3mol/L硫酸,瓶口加塞,静置5min。采用0.05mol/L硫代硫酸钠标准滴定液滴定至溶液呈淡黄色时,加0.5%淀粉溶液1mL,继续滴定至无色。记录消耗的硫代硫酸钠的体积,重复测定3次。按下式计算臭氧水浓度:

$$X = \frac{c \times V_1 \times 24}{V}$$

式中:X:臭氧水浓度,mg/L;c:硫代硫酸钠滴定液的浓度,mol/L;V<sub>1</sub>:消耗硫代硫酸钠滴定液的体积,mL;V:量取臭氧水的体积,L;24:消耗1mL浓度为1mol/L的硫代硫酸钠滴定液相当的臭氧量,mg。

1.2.3 可溶性固形物(SSC)的测定 将鲜切猕猴桃打浆,取汁,采用手持式糖度计测定其SSC含量,单位为%。

1.2.4 可滴定酸(TA)的测定 采用酸碱滴定法<sup>[16]</sup>。称取10g果肉加适量水研磨,再用20mL水洗入100mL容量瓶中,置75~80℃水浴上加热30min,期间摇动数次,取出冷却,加水至刻度,摇匀,真空抽滤,滤液即

为样液。用移液管吸取25mL样液,加入3~5滴1%酚酞指示剂,用0.1mol/L氢氧化钠标准溶液滴定,至出现微红色30s内不褪色为终点,记下所消耗的体积。试样的可滴定酸度以柠檬酸的百分含量表示,按下式计算:

$$TA(\%) = \frac{c \times V_1 \times k}{V_0} \times \frac{x}{m} \times 100$$

式中:c:氢氧化钠标准溶液摩尔浓度(mol/L);V<sub>1</sub>:滴定时所消耗的氢氧化钠标准溶液体积(mL);k:换算为柠檬酸克数的系数(柠檬酸:k=0.070);V<sub>0</sub>:吸取滴定用的样液体积(mL);x:试样浸提后定容体积(mL);m:试样质量(g)。

1.2.5 失重率测定 采用称重法,按下式计算:

$$\text{失重率}(\%) = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100$$

式中:m<sub>0</sub>:初始重量(g);m<sub>1</sub>:贮藏一段时间后的重量(g)。

1.2.6 色差的测定 采用全自动色彩色差计测定猕猴桃的明亮度(L\*值)和绿/黄值(a\*值,负值表示绿色,正值表示黄色)。

1.2.7 抗坏血酸含量的测定 采用2,6-二氯酚靛酚滴定法<sup>[17]</sup>,单位为mg/100g。

1.2.8 细菌总数(TPC)的测定 采用平板计数<sup>[18]</sup>的方法,单位为CFU/g。

1.2.9 数据处理与分析 实验数据采用Excel软件进行处理并制图;用SPSS软件进行方差分析、Duncan's多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同浓度臭氧水对鲜切猕猴桃SSC和TA的影响

猕猴桃酸甜可口,在采后贮藏过程中,往往伴随其后熟软化,表现在可溶性固形物含量的升高和可滴定酸含量的降低<sup>[2]</sup>。鲜切处理破坏了组织细胞结构,会促使呼吸作用增强,而这首先会促使果实中的淀粉类物质转化为糖,即在呼吸高峰前SSC含量随之增大,达到高峰后,呼吸作用的增强反而会消耗果实中的糖分,此时SSC含量也随之降低<sup>[9]</sup>。由图1(A)可见,在贮藏的第2d,对照、0.5mg/L和0.7mg/L臭氧水处理组的SSC含量均有显著的升高,而0.9mg/L臭氧水处理的猕猴桃SSC没有显著升高,可能是由于高浓度臭氧抑制了猕猴桃的呼吸作用,因而SSC含量变化不显著。在随后的贮藏中,对照组的SSC含量呈先升高后下降的趋势,这主要是由于后期猕猴桃呼吸消耗糖分的速度大于转化成糖的速度,致使SSC的含量降低;而不同浓度臭氧水处理组的SSC含量呈现升高并持续保持较高水平的趋势。可见,采用臭氧水处理没有加速鲜切猕猴桃的采后呼吸作用,因此可以保持较高的SSC含量。0.7mg/L和0.9mg/L处理组的猕猴桃在贮藏第14d时仍与第0d的SSC没有显著差异。然而,贮藏第12~14d时,对照和0.5mg/L臭氧水处理组的鲜切猕猴桃部分出现了微生物感染的现象,加速了果实的成熟,导致SSC异常升高。因此,采用0.7mg/L的臭氧水处理可减缓鲜切猕猴桃贮藏期间的SSC的下降。

由图1(B)可知,对照组和不同浓度臭氧水处理

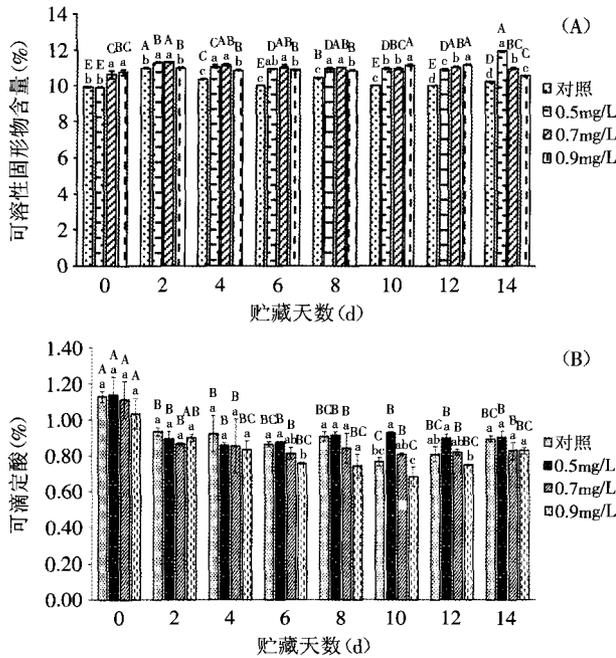


图1 不同浓度臭氧水处理对鲜切猕猴桃可溶性固形物(A)和可滴定酸(B)含量的影响

Fig.1 Effect of ozone water treatment at different concentrations on SSC(A) and TA(B) of fresh-cut kiwifruit during storage at 4°C

注:大写字母不同表示同一处理在不同贮藏时间内有显著差异;小写字母不同表示不同处理在相同贮藏时间内有显著差异;图2~图5同。

后,鲜切猕猴桃的可滴定酸含量均呈下降的趋势,这与臭氧水对绿芦笋和红富士苹果可滴定酸的影响结果相一致<sup>[14,20]</sup>。显著性分析表明,采用不同浓度的臭氧水处理鲜切猕猴桃,除第6d对照组、0.5mg/L臭氧水和0.9mg/L臭氧水处理组以及第10d对照组和0.5mg/L臭氧水处理组存在显著差异外,其余各组在贮藏过程中的可滴定酸含量没有显著差异。结果表明,不同浓度的臭氧水处理对鲜切猕猴桃可滴定酸含量总体没有显著影响。

### 2.2 不同浓度臭氧水对鲜切猕猴桃失重率的影响

对照组和不同浓度臭氧水处理组的失重率变化如图2所示,在整个贮藏期间是逐渐增加的。图2的数据表明,0.5mg/L臭氧水处理的鲜切猕猴桃,在整个贮藏

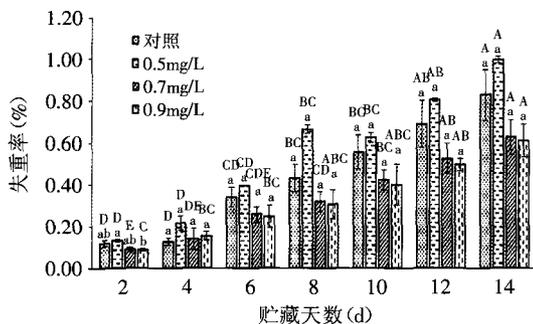


图2 不同浓度的臭氧水处理对鲜切猕猴桃失重率的影响

Fig.2 Effect of ozone water treatment at different concentrations on weight loss of fresh-cut kiwifruit during storage at 4°C

贮藏期间失重率变化最大,在贮藏第8d和14d时最大失重率分别为0.66%和1.00%。这可能是由于较低浓度的臭氧水处理没有完全抑制某些微生物的活性,反而促进了果肉组织的软化和腐败,加速了水分的蒸腾作用,致使产品发生了显著的失重。这与第12~14d时对照组和0.5mg/L组的SSC含量变化趋势相一致。这一结果表明,贮藏12d后,对照组和0.5mg/L组的部分鲜切猕猴桃表面出现的微生物感染现象,一方面加速了果实的成熟,导致SSC异常升高,另一方面也加速了果实的失重。

### 2.3 不同浓度臭氧水对鲜切猕猴桃色差的影响

猕猴桃的翠绿色是最重要的感官性状,加工中的很多处理(如热烫、酸处理、酶解等)均会造成绿色的损失或降解。因此,对于猕猴桃的加工来说,控制叶绿素的降解是至关重要的。由图3(A)可知,鲜切猕猴桃的L\*值在4°C贮藏条件下呈逐渐下降的趋势。对照组在贮藏的第2d,L\*值下降了4.04,达到显著水平,在第4d持续显著下降至38.69,较第0d的46.50下降了7.81。之后的贮藏过程中,L\*值没有发生显著变化。经不同浓度的臭氧水处理后,猕猴桃L\*值下降较为平缓,尤其是0.9mg/L臭氧水处理组,直至贮藏第12d,其L\*值与第0d相比才存在显著差异。

由图3(B)可知,鲜切猕猴桃的a\*值在4°C贮藏条件下呈阶段式升高的趋势,前6d属于绿色损失的快速期,之后趋于平缓。各组的a\*值变化表明,在贮藏的前4d,绿色值a\*变化均不显著。在第6d时,各组的a\*值迅速增加,尤其以0.5mg/L臭氧水处理组的a\*值较0d增加了2.55,达到显著水平。这可能是由于臭氧水浓度较低,不能有效钝化引起叶绿素降解的酶类活性,反而加速了叶绿素的降解反应所致。0.7mg/L

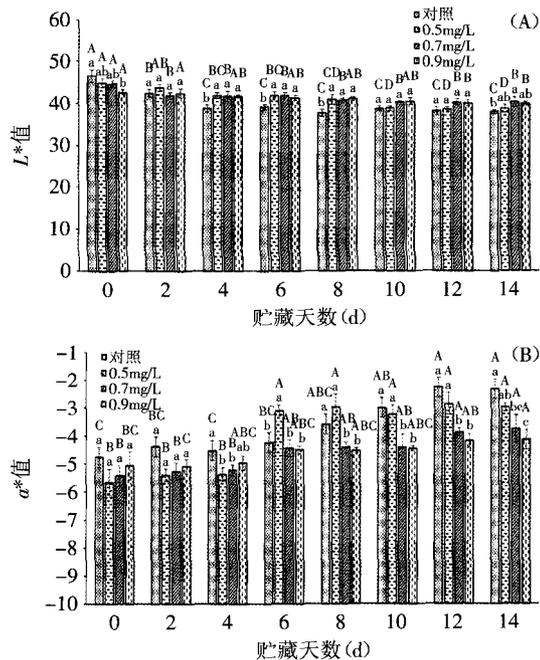


图3 不同浓度的臭氧水处理对鲜切猕猴桃色差的影响

Fig.3 Effect of ozone water treatment at different concentrations on flesh color of fresh-cut kiwifruit during storage at 4°C

和0.9mg/L臭氧水浸渍结合低温贮藏处理可减缓鲜切猕猴桃的绿色值( $a^*$ )的升高。

## 2.4 不同浓度臭氧水对抗坏血酸含量的影响

猕猴桃冠有“V<sub>c</sub>-之王”的美誉,据相关报道,猕猴桃果实中的抗坏血酸含量与品种、成熟期、贮藏条件、测定方法等密切相关<sup>[21]</sup>。由图4可见,对照组的抗坏血酸含量在第4d显著下降,损失率达到约34%。采用不同浓度的臭氧水处理后,在4℃贮藏10d内可以显著抑制抗坏血酸含量的损失,对照、0.5、0.7、0.9mg/L臭氧水处理在第10d时,抗坏血酸含量分别为13.41、24.50、26.34、18.72mg/100g,较0d分别损失了52%、34%、24%和27%。因此,采用0.7mg/L臭氧水处理可以显著抑制鲜切猕猴桃贮藏期间抗坏血酸的损失,这与臭氧水处理绿芦笋的研究结果相一致<sup>[14]</sup>。

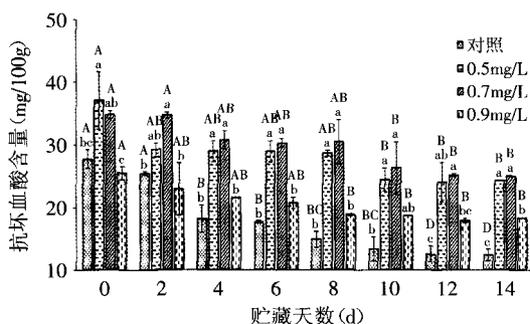


图4 不同浓度的臭氧水处理对鲜切猕猴桃抗坏血酸含量的影响

Fig.4 Effect of ozone water treatment at different concentrations on ascorbic acid contents of fresh-cut kiwifruit during storage at 4°C

## 2.5 不同浓度臭氧水对鲜切猕猴桃细菌总数的影响

图5显示,各组鲜切猕猴桃的细菌总数在4℃贮藏条件下均呈上升的趋势,这主要是由于鲜切产品的果面裸露,高的水分含量和外渗的营养物质容易滋生微生物所引起的。第0d时,对照组TPC为84CFU/g,经不同浓度的臭氧水处理后,TPC依次为53、27、21CFU/g。贮藏第10d,对照组的TPC( $8 \times 10^5$ CFU/g)接近果蔬产品TPC的最低限值( $10^6$ CFU/g)<sup>[22]</sup>,而贮藏10d时,0.5、0.7、0.9mg/L臭氧水处理组的TPC分别为 $5.95 \times 10^5$ 、 $5.1 \times 10^5$ 、 $5.95 \times 10^5$ CFU/g,远远低于这一限值。可见随着臭氧水浓度的增加,对细菌的杀灭效果增强。

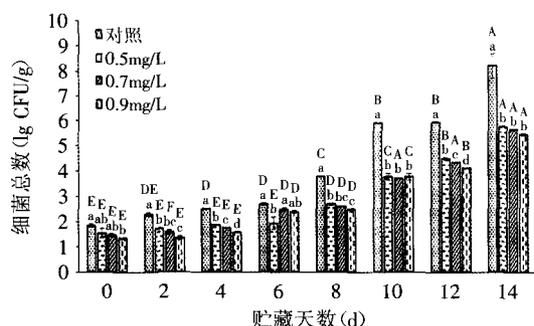


图5 不同浓度的臭氧水处理对鲜切猕猴桃细菌总数的影响

Fig.5 Effect of ozone water treatment at different concentrations on total plate counts of fresh-cut kiwifruit during storage at 4°C

采用大于或等于0.5mg/L的臭氧水处理鲜切猕猴桃,使其在4℃条件下货架期延长至14d,对照仅10d。

## 3 结论

3.1 采用0.7mg/L臭氧水处理鲜切猕猴桃5min,可以延缓贮藏期间SSC、L\*值、 $a^*$ 值和抗坏血酸含量的降低,并可以显著降低鲜切猕猴桃表面的TPC,在贮藏14d时TPC保持在 $10^6$ CFU/g以内,可以满足鲜切果蔬对微生物安全性的要求。

3.2 不同浓度的臭氧水处理对鲜切猕猴桃的失重率和TA含量没有显著影响。

3.3 与对照组相比,采用0.7mg/L的臭氧水浓度处理鲜切猕猴桃5min,可使鲜切猕猴桃的货架期延长至14d,对照组为10d。

## 参考文献

- [1] 胡文忠译. 鲜切果蔬科学、技术与市场[M]. 北京:化学工业出版社,2009.
- [2] Zhang L H, Li S F, Liu X H, et al. Effects of ethephon on physicochemical and quality properties of kiwifruit during ripening[J]. Postharvest Biology and Technology, 2012, 65: 69-75.
- [3] Rocculi P, Romani S, Rose M D. Effect of MAP with argon and nitrous oxide on quality maintenance of minimally processed kiwifruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 2005, 35: 319-328.
- [4] Beirão-da-Costa S, Steiner A, Correia L, et al. Effects of maturity stage and mild heat treatments on quality of minimally processed kiwifruit[J]. Journal of Food Engineering, 2006, 76: 616-625.
- [5] Vilas-Boas E V B, Kader A A. Effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on softening of fresh-cut kiwifruit, mango and persimmon slices[J]. Postharvest Biology and Technology, 2007, 43: 238-244.
- [6] Benítez, S, Achaerandio I, Sepulcre F, et al. Aloe vera based edible coatings improve the quality of minimally processed 'Hayward' kiwifruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 2013, 81: 29-36.
- [7] 鹿斌, 杨中平, 胡志超, 等. 臭氧水处理对草莓腐烂及品质的影响[J]. 中国农机化, 2010(1): 88-92.
- [8] 王朕, 谢晶. 臭氧水处理对鲜切茄子保鲜效果的研究[J]. 食品工业科技, 2013, 34(3): 324-328.
- [9] 张立奎, 陆兆新, 郝志芳. 臭氧水处理鲜切生菜贮藏期间的品质变化[J]. 食品与发酵工业, 2004, 30(3): 128-131.
- [10] Alexopoulos A, Plessas S, Ceciu S, et al. Evaluation of ozone efficacy on the reduction of microbial population of fresh cut lettuce (*Lactuca sativa*) and green bell pepper (*Capsicum annuum*)[J]. Food Control, 2013, 30: 491-496.
- [11] Restuccia C, Lombardo S, Pandino G, et al. An innovative combined water ozonisation/O<sub>3</sub>-atmosphere storage for preserving the overall quality of two globe artichoke cultivars[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2014, 21: 82-89.
- [12] 王瑾, 林向阳, 阮榕生, 等. 高浓度臭氧水对鲜切花椰菜保鲜的研究[J]. 食品科学, 2008, 29(8): 607-611.
- [13] 覃海元, 胡冰冰, 梁金姐, 等. 臭氧水浓度对鲜切菠萝品质的影响[J]. 农业研究与应用, 2011(6): 1-4.
- [14] 高文庚, 杨萍芳. 臭氧水处理对绿芦笋贮藏品质的影响[J].

食品与发酵工业, 2006, 32(10): 167-169.

[15] GB 28232-2011. 臭氧发生器安全与卫生标准[S].

[16] ISO 750-1998. Fruit and vegetable products-Determination of titratable activity[S].

[17] GB 6195-1986. 水果、蔬菜维生素C含量测定法(2,6-二氯酚酚滴定法)[S].

[18] 袁丽红. 微生物学实验[M]. 北京: 化学工业出版社, 2010: 191-193.

[19] 李艳杰, 孙先鹏, 郭康权, 等. 臭氧、保鲜剂对猕猴桃贮藏保鲜效果的比较[J]. 食品科技, 2009, 34(2): 45-48.

[20] 乔彩云, 李建科, 于振, 等. 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[J]. 北京工商大学学报: 自然科学版, 2011, 29(6): 63-68.

[21] Du G R, Li M J, Ma F W, et al. Antioxidant capacity and the relationship with polyphenol and vitamin C in Actinidia fruits[J]. Food Chemistry, 2009, 113: 557-562.

[22] Azarakhah N, Osman A, Ghazali H M, et al. Lemongrass essential oil incorporated into alginate-based edible coating for shelf-life extension and quality retention of fresh-cut pineapple [J]. Postharvest Biology and Technology, 2014, 88: 1-7.

(上接第297页)

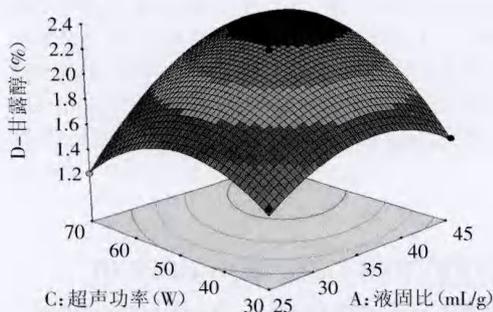


图9 液固比和超声功率影响D-甘露醇提取率的响应面  
Fig.9 Response surface of liquid-solid ratio and ultrasonic power on the extraction rate of D-mannitol

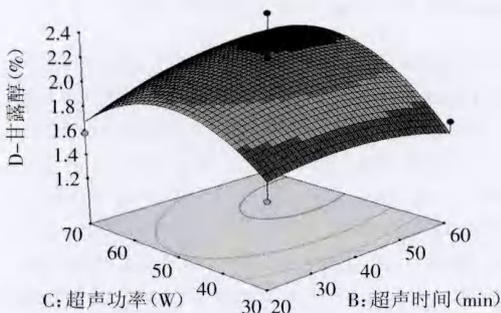


图10 超声时间和超声功率影响多糖提取率的响应面  
Fig.10 Response surface of ultrasonic time and ultrasonic power on the extraction rate of D-mannitol

### 2.3 验证实验

较优工艺条件的验证, 三次重复实验多糖提取率的平均值为23.06%, RSD=1.31%, D-甘露醇提取率平均值为2.30%, RSD=1.25%。虽略低于理论值, 但仍能确定较优工艺条件的稳定性和可靠性。

### 3 结论

应用响应面分析方法优化兰坪被毛孢中多糖和D-甘露醇的常温水提综合工艺。实验得到较优工艺条件为: 液固比43:1 mL/g, 超声时间50 min, 超声功率56 W。在该工艺条件下虫草多糖提取率为23.06%, D-甘露醇提取率为2.30%。

### 参考文献

[1] 陈自宏. 兰坪虫草生活史研究—兼论兰坪虫草延缓衰老及

镇痛作用[D]. 昆明: 云南大学, 2013.

[2] 李凤荣. 冬虫夏草的化学成分及药理学研究概况[J]. 内蒙古中医药, 2010, 29(17): 102-105.

[3] 王普, 郑明, 何军, 等. 虫草多糖的化学结构及药理活性研究进展[J]. 浙江工业大学学报, 2010, 38(2): 129-133, 172.

[4] 余伯成, 唐亮, 茅孝先, 等. 虫草多糖药理学研究进展[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2011, 13(3): 585-590.

[5] 于莉. D-甘露醇的临床新用途[J]. 中国实用医药, 2009, 4(14): 146-147.

[6] 段勇, 余江, 邓华, 等. D-甘露醇的临床新用途[J]. 中外健康文摘, 2012, (31): 449.

[7] 胡斌杰, 陈金锋, 王官南, 等. 超声波法与传统热水法提取灵芝多糖的比较研究[J]. 食品工业科技, 2007, (2): 190-192.

[8] 郭锦棠, 杨俊红, 李雄勇, 等. 微波与索氏提取甘草酸的正交实验研究[J]. 中国药理学杂志, 2002, 37(12): 919-922.

[9] Li Deng, Tongyong Zhou, Li Pi, et al. Optimization of microwave-assisted extraction of cordycepic acid and cordycepin from cultured *Cordyceps militaris* by Response Surface Methodology. Asian Journal of Chemistry, 2013, 25(14): 1-7.

[10] 邓黎, 王晓虹, 韩涛, 等. 响应曲面法优化虫草素和虫草多糖的综合提取工艺[J]. 天然产物研究与开发, 2013, 25(10): 1428-1435, 1427.

[11] Jian-Dong Cui, Shi-Ru Jia. Optimization of medium on exopolysaccharides production in submerged culture of *Cordyceps militaris*[J]. Food Sci Biotechnol, 2010, 19(6): 1567-1571.

[12] Yong Mao, Jian Mao, Xiang-yong Meng. Extraction optimization and bioactivity of exopolysaccharides from *Agaricus bisporus*[J]. Carbohydrate Polymers, 2013, 92: 1602-1607.

[13] Zi-Hong Chen, Yong-Dong Dai, Hong Yu, et al. Systematic analyses of *Ophiocordyceps lanpingensis* sp. nov., a new species of *Ophiocordyceps* in China[J]. Microbiological Research, 2013, 168(8): 525-532.

[14] 钟方晓, 任海华, 李岩, 等. 虫草多糖含量测定方法比较[J]. 时珍国医国药, 2007, 18(8): 1916-1917.

[15] 鲁晓岩. 硫酸-苯酚法测定北冬虫夏草多糖含量[J]. 食品工业科技, 2002, 23(4): 69-70.

[16] 李雪芹. 比色法测定冬虫夏草中甘露醇的含量[J]. 中草药, 1999, 30(1): 19-21.

[17] 涂永勤, 朱华李, 曾伟, 等. 人工培植冬虫夏草D-甘露醇的含量测定[J]. 生物学杂志, 2012, 29(3): 45-47.