

# 弱酸性电位水在杨梅防腐保鲜中的应用

马焱娜, 李 娇, 徐 沁, 刘东红, 叶兴乾, 丁 甜\*  
(浙江大学生物系统工程与食品科学学院, 浙江 杭州 310029)

**摘 要:**以“东魁”杨梅为试材, 研究弱酸性电位水处理对杨梅微生物数目以及贮藏品质的影响。一组用20 mg/L的弱酸性电位水喷雾处理, 另一组对照未做处理, 分别于常温23 ℃和低温4 ℃条件下贮藏, 测定杨梅表面微生物数目及呼吸强度、硬度、质量损失率、总糖和总酸含量各项品质指标的变化。结果显示, 弱酸性电位水处理和低温贮藏都能够抑制微生物的生长, 减弱呼吸强度, 保持杨梅的硬度和质量, 减缓总酸和总糖含量的下降速率。弱酸性电位水处理还能杀灭微生物, 减少杨梅初始微生物的数目。结果表明, 弱酸性电位水处理和低温贮藏都可以在一定程度上保持杨梅的口感和营养价值, 延长杨梅的货架寿命, 而弱酸性电位水处理和4 ℃贮藏结合的方法效果更佳。

**关键词:**杨梅; 弱酸性电位水; 微生物数目; 贮藏品质

## Application of Slightly Acidic Electrolyzed Water in the Preservation of *Myrica rubra*

MA Yanna, LI Jiao, XU Qin, LIU Donghong, YE Xingqian, DING Tian\*  
(College of Biosystem Engineering and Food Science, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China)

**Abstract:** In this research, slightly acidic electrolyzed water (SAEW) was applied by spraying on freshly harvested fruits of *Myrica rubra* cv. Dongkui. The effect of SAEW on the microbial load and storage quality of *Myrica rubra* was examined. The experiments were divided into four groups: storage at 4 ℃ without pretreatment, storage at 4 ℃ after spraying with 20 mg/L SAEW, storage at 23 ℃ without pretreatment, and storage at 23 ℃ after spraying with 20 mg/L SAEW. During storage, changes in quality indices were measured. The results showed that both low temperature and SAEW treatments could restrain microbial reproduction, reduce respiration intensity, maintain the hardness and weight of *Myrica rubra* and slow down the decreases in total acid and total sugar. The treatment of SAEW could also reduce the initial amount of microbial load. Both treatments could maintain the taste and nutrient value of *Myrica rubra* to a certain degree as well as extend the shelf-life. The combination of low temperature storage and SAEW treatment was found to be synergistic.

**Key words:** *Myrica rubra*; slightly acidic electrolyzed water (SAEW); microbial load; storage quality

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201614046

中图分类号: TS255.3

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2016) 14-0253-05

引文格式:

马焱娜, 李娇, 徐沁, 等. 弱酸性电位水在杨梅防腐保鲜中的应用[J]. 食品科学, 2016, 37(14): 253-257. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201614046. <http://www.spkx.net.cn>

MA Yanna, LI Jiao, XU Qin, et al. Application of slightly acidic electrolyzed water in the preservation of *Myrica rubra*[J]. Food Science, 2016, 37(14): 253-257. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-201614046. <http://www.spkx.net.cn>

杨梅 (*Myrica rubra*) 属于杨梅科杨梅属小乔木或灌木植物, 别名圣生梅、珠红、树梅等<sup>[1]</sup>, 是我国南方的特有果树。其果实具有很高的食用和药用价值, 既可直接食用, 又可加工成杨梅干、酱、蜜饯等, 还可以酿酒, 有生津止渴、助消化等功效<sup>[2]</sup>, 在我国的华东地区, 以及湖南、广东、广西、贵州等地区均有分布。由于杨梅果

实收获正在初夏高温、高湿的梅雨季节, 且无外果皮包裹, 贮藏和运输极为困难, 采后损耗严重。故安全和高效率的杨梅保鲜贮运技术已成为杨梅产业高效持续发展的关键因素<sup>[3]</sup>。因此, 实现杨梅保鲜技术的突破, 对发展杨梅产业、增加果农收入具有重要意义<sup>[4]</sup>。

采后杨梅在20~22 ℃条件下只能保存3 d,

收稿日期: 2015-09-17

基金项目: 浙江省公益性技术应用研究计划项目 (2014C32033); 浙江大学第十八期大学生科研训练计划项目 (SRTP)

作者简介: 马焱娜 (1996—), 女, 本科生, 研究方向为农产品保鲜与加工。E-mail: 531379272@qq.com

\*通信作者: 丁甜 (1985—), 男, 副教授, 博士, 研究方向为农产品保鲜与加工。E-mail: tding@zju.edu.cn

10~12 °C可保鲜7 d, 0~2 °C条件下也只能保鲜9~12 d<sup>[5]</sup>。而已有的杨梅保鲜技术有低温保鲜技术<sup>[6]</sup>、1-甲基环丙烯(1-methylcyclopropene, 1-MCP)处理技术<sup>[3]</sup>、高压脉冲电场处理技术<sup>[4]</sup>、高氧处理技术<sup>[7]</sup>、复合涂膜技术<sup>[8]</sup>等。本实验研究弱酸性电位水(slightly acidic electrolyzed water, SAEW)与低温贮藏相结合对杨梅采后保鲜的影响。电位水因具有高效杀菌能力、使用方法安全简便、低残留和无毒副作用等特性被广泛应用于医疗、食品等领域。而SAEW不仅具有较强的杀菌能力,而且其近中性的pH值、低浓度的有效氯等特点也使其使用更加安全,具有很广阔的应用前景<sup>[9]</sup>。使用SAEW对果蔬进行防腐保鲜的原理主要是杀灭果蔬表面的微生物,并且在贮藏过程中抑制微生物的生长繁殖,从而延长果蔬的货架寿命<sup>[10]</sup>。有研究<sup>[11]</sup>比较了次氯酸钠溶液(pH 9.7, 氧化还原电位(oxidation-reduction potential, ORP): 679 mV, 有效氯质量浓度(available chlorine concentration, ACC): 105.3 mg/L)和SAEW(pH 5.8, ORP: 900 mV, ACC: 21.4 mg/L)在芹菜、生菜、豆芽中杀菌效果,结果表明,虽然SAEW比次氯酸钠溶液的氯含量低很多,但其杀菌能力却与次氯酸钠溶液差不多,甚至更好。已有人对SAEW用于杀灭鲜切甘蓝、香菜、番茄、菌菇等<sup>[12-15]</sup>表面的微生物做了研究。低温贮藏是目前最常用和有效的保鲜方法,一般分为冷藏和冻藏两种<sup>[16]</sup>。杨梅果实在贮藏过程中,其腐烂发生的迟早与温度密切相关<sup>[17-21]</sup>。因此本研究尝试将SAEW应用于杨梅的保鲜实验研究中,探究低温贮藏和SAEW处理结合对杨梅采后保鲜的效果,研究对于延长杨梅的保鲜期、推动杨梅产业的发展的意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

杨梅于浙江省杭州市余杭塘栖枇杷园区采摘。

无水乙醇、氯化钠、盐酸、浓硫酸、氢氧化钠、标准葡萄糖溶液 国药集团化学试剂(上海)有限公司;琼脂培养基 青岛高科园海博生物技术有限公司。

### 1.2 仪器与设备

SAEW生成器 北京洲际环境科学与技术有限公司;PB-10pH-ORP测定仪 美国赛多利斯公司;有效氯测定仪 英国百灵达有限公司;拍打器 法国iMix公司;电子天平 华徐衡器实业有限公司;O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>气体测定仪 丹麦PBI Dansensor公司;TA-XT2i质构仪 英国Stable Micro System公司;UV-2550分光光度计 日本岛津仪器公司;HC-3018R高速冷冻离心机 安徽中科中佳科学仪器有限公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 样品准备

摘取已成熟、大小类似、外形完好、无机械损伤、新鲜的杨梅,及时运回实验室,除去有腐烂和损伤的果实,剩下的样品备用。

#### 1.3.2 SAEW的制备

用SAEW生成器电解质量分数为0.2%的氯化钠和0.04%的盐酸溶液,得到有效氯大约为200 mg/L的电位水,通过稀释该电位水得到有效氯大约为20 mg/L的电位水,稀释比例约为1:10,具体比例根据实际情况进行轻微调整。用pH-ORP测定仪测定其pH值和ORP,用有效氯测定仪测定其ACC。得到的电位水的参数指标分别为pH(6.86±0.2), ACC(21±1) mg/L, ORP(937±1.23) mV。

#### 1.3.3 样品处理

将样品分成4份,其中2份用20 mg/L的电位水进行均匀喷雾,喷完之后晾干,作为实验组。剩下的两份不做处理作为对照组。将一份对照组和一份实验组放在23 °C的恒温、恒湿箱中,一份对照组和一份实验组放在4 °C冰箱中,每天随机取样测定相关指标。每个处理3次重复,每次重复10个杨梅果实。

#### 1.3.4 指标测定

##### 1.3.4.1 微生物计数

取10 g杨梅样品(去核)与90 mL无菌生理盐水在无菌均质袋中混合,用拍打式均质机均质2 min,参照国标法进行实验操作。用琼脂培养基进行菌落总数计数。

##### 1.3.4.2 其他指标测定

质量损失率:采用称重法<sup>[22]</sup>测定;呼吸强度:采用O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>气体测定仪测定;硬度:采用质构仪测定杨梅表面硬度,探头为圆柱形,底面直径5 mm,接触到物体表面后的下行距离为5 mm。每种样品重复测定10次取平均值;总糖含量:采用蒽酮比色法<sup>[23]</sup>;总酸含量:采用酸碱中和法<sup>[24]</sup>。

### 1.4 数据处理

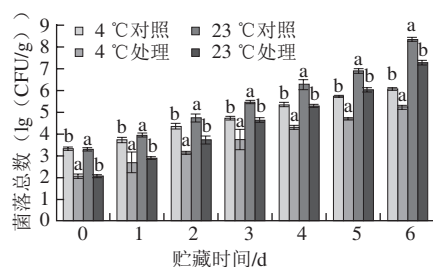
每个处理重复3次,3次测定实验结果表示为 $\bar{x} \pm s$ ,并用统计软件SPSS进行单因素方差分析,以 $P < 0.05$ 作为差异显著性判断标准,用Excel软件作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 SAEW处理和贮藏环境温度对杨梅菌落总数的影响

如图1所示,用20 mg/L的SAEW处理后的杨梅菌落总数减少了1.24(lg(CFU/g))。在随后的贮藏期间,杨梅果实微生物数目呈增长趋势,且4 °C处理组一直低于4 °C对照组,差距在0.83~1.24(lg(CFU/g))之间;23 °C处理组一直低于23 °C对照组,差距在

0.86~1.24 (lg (CFU/g)) 之间, 且整个贮藏期间, 相关性分析呈显著 ( $P<0.05$ )。这表明, 在相同温度条件下, SAEW不仅能降低杨梅的菌落总数, 并且能在一定的贮藏期内使其菌落总数处在一个较低水平。



不同小写字母表示差异显著 ( $P<0.05$ )。下同。

图1 SAEW处理对杨梅贮藏期间菌落总数的影响

Fig. 1 Effects of SAEW treatment on the total bacterial colony of *Myrica rubra* during storage

此外, 4 °C对照组的菌落总数小于23 °C对照组, 4 °C处理组的菌落总数小于23 °C处理组, 并且随着贮藏时间的延长, 菌落总数差异越大, 说明贮藏时间越长, 温度对杨梅上微生物数目的影响越大, 较低温度条件下杨梅果实微生物比较高温度条件下少。

贮藏前期, 4 °C对照组的杨梅菌落总数比23 °C处理组多, 而到了贮藏后期(从第5天开始), 4 °C对照组的杨梅菌落总数比23 °C处理组少, 说明在贮藏前期, SAEW的处理对杨梅果实微生物数目影响比温度的影响大, 但是到了贮藏后期(从第5天开始), 温度对杨梅果实微生物数目影响比SAEW大。

## 2.2 SAEW处理和贮藏环境温度对杨梅呼吸强度的影响

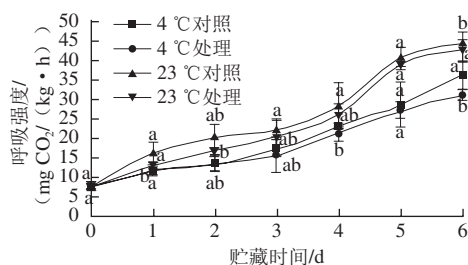


图2 SAEW处理对杨梅贮藏期间呼吸强度的影响

Fig. 2 Effect of SAEW treatment on the respiration intensity of *Myrica rubra* during storage

杨梅采后仍旧在进行生命活动, 一直在进行呼吸作用, 消耗营养物质。由图2可见, 在整个贮藏期间, 4组杨梅的呼吸强度都呈增强的趋势, 说明杨梅在贮藏过程中的呼吸作用不断增强。并且4 °C对照组的呼吸强度比4 °C处理组大, 23 °C对照组的呼吸强度比23 °C处理组大, 都从第6天开始相关性呈显著 ( $P<0.05$ )。表明不同温度条件下, SAEW处理都能够抑制杨梅的呼吸作

用, 原因可能是SAEW的处理杀灭了一定数目的微生物并且在贮藏过程中抑制了微生物的生长, 因此呼吸作用较弱。

此外, 4 °C条件下两组杨梅的呼吸强度一直都低于23 °C条件下两组杨梅的呼吸强度, 说明温度对呼吸强度的影响大于SAEW处理。

## 2.3 SAEW处理和贮藏环境温度对杨梅质量损失率的影响

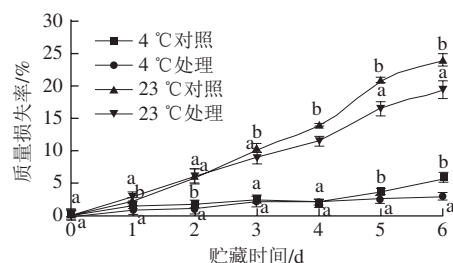


图3 SAEW处理对杨梅贮藏期间质量损失率的影响

Fig. 3 Effect of SAEW treatment on the weight loss ratio of *Myrica rubra* during storage

在杨梅的贮藏过程中, 由于呼吸作用消耗营养物质以及水分的散失而导致杨梅质量的下降, 这会使得杨梅的食用品质和营养价值下降。根据图3所示, 4组杨梅的质量损失率都呈不断上升的趋势, 并且从第4天开始, 质量损失率上升的趋势变大。相同温度条件下的处理组的杨梅质量损失率一直都大于对照组, 经过统计分析, 在大部分贮藏时间中, 两者差异显著 ( $P<0.05$ ), 可能是SAEW的处理使得微生物数目减少而使营养物质的消耗减少。

杨震峰等<sup>[7]</sup>研究的高 $O_2$ 处理对杨梅果实采后腐烂和品质的影响中表明, 60%~100%  $O_2$ 处理能够抑制果实质量损失, 可能与高 $O_2$ 抑制果实的蒸腾作用和呼吸作用有关, 但是效果不及低温贮藏加SAEW处理好。

## 2.4 SAEW处理和贮藏环境温度对杨梅硬度的影响

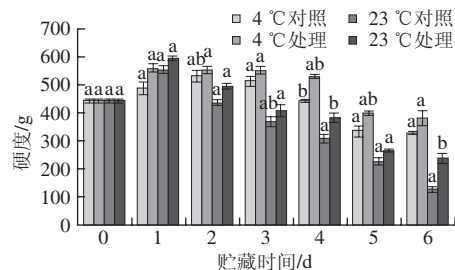


图4 SAEW处理对杨梅贮藏期间硬度的影响

Fig. 4 Effect of SAEW treatment on the hardness of *Myrica rubra* during storage

由图4可见, 在贮藏过程中, 4组杨梅的硬度都是先增大再减小, 硬度增大的原因可能是采摘前空气潮湿, 杨梅含水量较高, 在贮藏初期, 由于贮藏环境较干燥,



使得杨梅硬度增大。从第2天开始,可能是由于呼吸作用分解有机质,可能是由于微生物的作用,使得4组杨梅的硬度都开始降低,并且从第4天开始硬度下降趋势变大。从对照组和实验组的对比中可以看出,SAEW处理可以减缓杨梅变软。在李共国等<sup>[5]</sup>的杨梅冰温贮藏保鲜研究中显示,仅用冰温贮藏的杨梅硬度下降也较快,而冰温+保鲜袋贮藏能够减慢硬度下降,冰温+ClO<sub>2</sub>缓释硬度下降最慢。由此可见,使用低温贮藏再辅助以其他的一些方法,能够更好地保持杨梅的硬度,从而维持其原本的口感。

### 2.5 SAEW处理和贮藏环境温度对杨梅总糖含量的影响

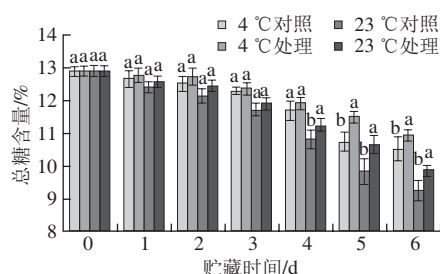


图5 SAEW处理对杨梅贮藏期间总糖含量的影响

Fig. 5 Effects of SAEW treatment on the total sugar content of *Myrica rubra* during storage

由图5可见,在杨梅贮藏过程中,由于呼吸作用和微生物的分解,总糖含量呈缓慢降低的趋势。在相同温度的条件下,SAEW处理能够减缓杨梅果实总糖含量降低的速率。通过统计分析,23 °C时,从第4天开始,两者差异显著( $P<0.05$ );4 °C时,从第5天开始,两者差异显著( $P<0.05$ )。并且,4 °C条件下杨梅的总糖含量降低速率小于23 °C条件下的降低速率,说明SAEW辅助低温贮藏能够更好地维持杨梅贮藏期的总糖含量,维持其良好口感。

### 2.6 SAEW处理和贮藏环境温度对杨梅总酸含量的影响

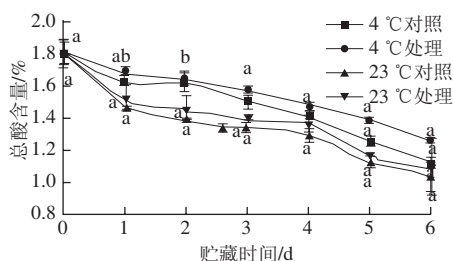


图6 SAEW处理对杨梅贮藏期间总酸含量的影响

Fig. 6 Effect of SAEW treatment on the total acid content of *Myrica rubra* during storage

如图6所示,在杨梅贮藏过程中,总酸含量呈不断下降的趋势。有机酸是植物的呼吸基质之一,随着采后呼

吸作用的进行,大量消耗有机酸<sup>[25]</sup>。因此杨梅果实的总酸在贮藏过程中被不断消耗,总酸含量呈下降趋势。并且4 °C处理组的总酸降低最少,其次是4 °C对照组,23 °C对照组总酸含量降低最多。可见,SAEW处理和低温贮藏都能够减慢杨梅果实总酸含量降低的速度。

## 3 结论

本实验研究了SAEW处理和低温贮藏对于杨梅贮藏期内表面微生物及相关品质的影响,探究杨梅防腐保鲜的新技术。研究发现,SAEW能有效地杀灭杨梅上的微生物,并且使其数量一直维持在较低的水平。低温虽然不能减少微生物的初始值,但是也可以抑制微生物的增长速度,从而抑制杨梅腐败变质的速度。SAEW处理和低温贮藏两者结合效果更好。

SAEW处理和低温贮藏都能够减弱杨梅的呼吸强度,从而减少贮藏期内由于呼吸作用而造成营养物质损失。另外,SAEW处理和低温贮藏可以减少杨梅的质量损失和硬度的下降,较好地维持杨梅的硬度,保持更好的口感。SAEW处理和低温贮藏都能够减缓杨梅的总酸、总糖含量降低的趋势,保持杨梅较好口感和营养价值。因此,可以将SAEW处理和低温贮藏结合使用来保存杨梅的方法进行推广,从而使得杨梅的货架期延长,获得较好品质的产品,并且推动一系列杨梅产业的发展。

但是由于条件限制,仍然存在需要改进和进一步探索的地方,尤其是对SAEW和低温处理能维持杨梅的新鲜度和品质的具体原理有待于进一步研究。

## 参考文献:

- [1] 夏其乐. 杨梅的营养价值及其加工进展[J]. 中国食物与营养, 2005, 11(6): 21-22. DOI:10.3969/j.issn.1006-9577.2005.06.007.
- [2] 潘月鹏. 杨梅无公害生产技术要点[J]. 北京农业, 2015(9): 17. DOI:10.3969/j.issn.1000-6966.2015.09.015.
- [3] 茅林春, 方雪花, 庞华卿. 1-MCP对杨梅果实采后生理和品质的影响[J]. 中国农业科学, 2004, 37(10): 1532-1536. DOI:10.3321/j.issn.0578-1752.2004.10.022.
- [4] 张雯, 韩其国, 朱英俊, 等. 高压脉冲电场技术在杨梅保鲜中的应用研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(2): 373-375.
- [5] 李共国, 马子骏. 杨梅冰温贮藏保鲜研究[J]. 食品工业科技, 2004, 25(3): 130-131. DOI:10.3969/j.issn.1002-0306.2004.03.047.
- [6] 高雪, 刘雪芬, 邹苑, 等. 低温对杨梅采后生理及保鲜效果的影响[J]. 韩山师范学院学报, 2011, 32(3): 73-76. DOI:10.3969/j.issn.1007-6883.2011.03.015.
- [7] 杨震峰, 郑永华, 冯磊. 高氧处理对杨梅果实采后腐烂和品质的影响[J]. 园艺学报, 2005, 32(1): 94-96. DOI:10.3321/j.issn:0513-353X.2005.01.021.
- [8] 叶文斌, 贡汉伯, 樊亮, 等. 复合涂膜对杨梅贮藏过程中POD, PPO, PAL酶活性的影响[J]. 包装与食品机械, 2012, 30(2): 10-16.

- [9] 王军, 丁甜. 电位水在食品杀菌领域的研究进展[J]. 食品科学, 2011, 32(3): 241-246.
- [10] 凌建刚, 李娇, 康孟利, 等. 弱酸性电位水在茭白防腐保鲜中的应用[J]. 食品科学, 2015, 36(22): 250-254. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20152247.
- [11] ISSA-ZACHARIA A, KARILITANI Y, MIWA N, et al. Application of slightly acidic electrolyzed water as a potential non-thermal food sanitizer for decontamination of fresh ready-to-eat vegetables and spouts[J]. Food Control, 2011, 22(3): 601-607.
- [12] HAO Jianxiong, LIU Haijie, LIU Rui, et al. Efficacy of slightly acidic electrolyzed water (SAEW) for reducing microbial contamination on fresh-cut cilantro[J]. Journal of Food Safety, 2011, 31(1): 28-34.
- [13] PANGLOLI P, HUNG Yencon. Efficacy of slightly acidic electrolyzed water in killing or reducing *Escherichia coli* O157:H7 on iceberg lettuce and tomatoes under simulated food service operation conditions[J]. Journal of Food Science, 2011, 76(6): M361-M366.
- [14] DING Tian, RAHMAN S M E, OH D H. Inhibitory effects of low concentration electrolyzed water and other sanitizers against foodborne pathogens on oyster mushroom[J]. Food Control, 2011, 22(2): 318-322. DOI:10.1016/j.foodcont.2010.07.030.
- [15] 丁甜, 葛枝, 刘东红. 浸泡时间对弱酸性电位水(SAEW)除菌效率的影响[J]. 中国食物与营养, 2014, 20(1): 54-57. DOI:10.3969/j.issn.1006-9577.2014.01.013.
- [16] 谢建华, 庞杰. 杨梅采后生理与保鲜技术研究进展[J]. 广西轻工业, 2010(11): 11-12. DOI:10.3969/j.issn.1003-2673.2010.11.005.
- [17] 王新龙, 虞娅逸. 杨梅的速冻工艺和质量要素[J]. 冷藏技术, 1994(2): 22-26.
- [18] 王益光, 杨小平, 胡方南, 等. 冰和冰皇对杨梅聚苯乙烯泡沫包装箱的致冷效果试验[J]. 中国南方果树, 2003, 32(2): 38-41. DOI:10.3969/j.issn.1007-1431.2003.03.025.
- [19] 王益光, 林美士, 杨小平, 等. 不同冰块与果实数量对杨梅运输贮藏的保鲜效果[J]. 中国南方果树, 2003, 32(2): 38-41. DOI:10.3969/j.issn.1007-1431.2003.02.028.
- [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. DOI:10.3321/j.issn:1002-6819.2004.06.049.
- [21] 谢培荣, 黄志乾, 欧阳菊英. 低温贮藏对木洞杨梅采后生理与贮藏特性的影响[J]. 中国农学通报, 2009, 25(18): 118-121.
- [22] 叶世柏. 食品理化检验方法指南[M]. 北京: 北京大学出版社, 1991: 346-351.
- [23] 姚立虎, 徐茜. 蒽酮比色法测食品总糖含量的简化研究[J]. 食品工业, 1993, 14(3): 40-42.
- [24] 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: 9.
- [25] 谢建华, 黄栋梁, 庞杰, 等. 保鲜剂对杨梅果实耐藏性的影响研究[J]. 广州食品工业科技, 2004, 20(3): 45-47.