

农产品贮藏加工

SO₂不同保鲜处理对醉金香葡萄贮藏效果的影响

集贤^{1,2}, 张平^{1,2}, 朱志强^{1,2}, 商佳胤³

(1.国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津),天津 300384;

2.农业农村部农产品贮藏保鲜重点实验室,天津 300384; 3.天津市设施农业研究所,天津 301700)

摘要:目的 探究 SO₂ 不同保鲜处理对醉金香葡萄贮藏效果及安全性的影响。方法 采用 SO₂ 气态处理结合固态保鲜剂处理 SO₂ 气+CT2 和 SO₂ 气+简化包, 以及单独固态保鲜剂处理 CK+CT2 和 CK+简化包对葡萄进行处理, 并贮藏于(0±0.5)℃的冷库中, 分别在贮藏 30, 60, 90, 105 d 时进行调查, 并分析贮藏期间葡萄的脱粒率、腐烂率、呼吸强度、乙烯生成速率、可溶性固形物含量、可滴定酸含量、Vc 含量、果梗和果皮电导率、MDA 含量、叶绿素含量、花青素含量、PPO 活性和 POD 活性。结果 在 4 种保鲜处理中, CK+简化包处理对抑制葡萄果实腐烂有较好的作用, SO₂+简化包处理对抑制脱粒表现较好, 同时还可有效保持果实的可溶性固形物、可滴定酸、Vc、果梗叶绿素等含量, 能很好地抑制果梗和果皮膜透性的增加及丙二醛含量的增加, 对降低呼吸作用和乙烯释放量, 抑制褐变, 抑制 PPO 和 POD 活性等方面也起到了积极的作用。结论 SO₂ 气态处理结合固态保鲜剂处理(SO₂ 气+简化包)能较好地保持葡萄贮藏期间的品质, 延缓其衰老。

关键词: 二氧化硫; 葡萄; 贮藏效果; 安全性

中图分类号: S663.1; S609+.3 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2020)07-0001-09

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.07.001

Effects of Different SO₂ Preservation Treatments on "Zuijinxiang" Grape during Storage

Ji Xian^{1,2}, ZHANG Ping^{1,2}, ZHU Zhi-qiang^{1,2}, SHANG Jia-yin³

(1. National Engineering and Technology Research Center for Preservation of Agricultural Products (Tianjin), Tianjin 300384, China; 2. Key Laboratory for Storage and Preservation of Agricultural Products of Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Tianjin 300384, China; 3. Tianjin Facility Agriculture Research Institute, Tianjin 301700, China)

ABSTRACT: The work aims to study the effects of different preservation treatments of SO₂ on the storage and safety of "Zuijinxiang" grape. The grapes were treated by SO₂ gas+CT2 and SO₂ gas+ simplified package as gaseous treatment combining solid preservative treatments and CK + CT2 and CK+simplified package as separate solid preservative treatments and then put in cold storage of (0±0.5)℃ for 30, 60, 90 and 105 d, respectively. The fruit threshing rate, rot rate, respiration rate, ethylene production rate, soluble solids, titratable acid, Vc content, conductivity of stem and peel, MDA content, chlorophyll and anthocyanin, PPO and POD activities during the storage were analyzed. Among the four preser-

收稿日期: 2019-06-03

基金项目: 天津市青年科研人员创新研究与实验项目(201920); 天津市自然科学基金(17JCQNJC14700); 天津市青年科研人员创新研究与实验项目(2018010); 国家葡萄产业技术体系建设项目(CARS-29); 天津市林果体系(ITTFPRS2018005)

作者简介: 集贤(1983—), 女, 硕士, 助理研究员, 主要研究方向为农产品采后贮运保鲜。

通信作者: 朱志强(1978—), 男, 硕士, 副研究员, 主要研究方向为农产品采后贮运保鲜。

vation treatments, CK+ simplified package treatment had a good effect on the inhibition of grape fruit rot, while SO₂+ simplified package treatment had better inhibition on fruit dropping and could effectively maintain the soluble solid content, titratable acid content, Vc content and chlorophyll content of stem at the same time. Moreover, it could also inhibit the increase in the permeability of the stem and peel, and the content of malondialdehyde. It also played a positive role in reducing respiration and ethylene release, inhibiting browning, inhibiting PPO and POD activity. SO₂ gas treatment combined with solid preservative treatment (SO₂ gas + simplified package) can better maintain the grape quality during storage and delay the aging.

KEY WORDS: sulfur dioxide; grape; storage effect; safety

醉金香是欧美杂交四倍体鲜食葡萄早熟品种,是辽宁农科院以沈阳玫瑰(7601)为母本、巨峰为父本杂交选育而成^[1],1997年通过品种审定,其果皮薄,与果肉易分离,果汁多,无肉囊,果实具有浓郁的茉莉香味,肉质软硬适度,适口性好,可溶性固形物可达18%以上,品质上等。

作为新鲜水果,葡萄非常脆弱,极易腐烂,在采收和运输过程中损失很大。到目前为止,最常用的商业方法仍然是利用 SO₂ 来抑制葡萄果实腐烂和避免果梗褐变^[2-3]。虽然 SO₂ 在食品中有残留的问题,但对葡萄保鲜而言,SO₂ 类的保鲜剂仍是现今综合性能较好的保鲜剂^[4]。SO₂ 残留物对亚硫酸盐过敏的人是危险的^[5],频繁和高浓度地使用化学药剂会造成农药在果实上的残留量增加,从而威胁人类的健康。由于不同 SO₂ 保鲜产品的释放速率不同,持续时间和浓度不易控制,因此容易造成对葡萄的伤害。已有研究表明,过度使用会导致果梗和浆果果实受伤^[6],使用量少了又达不到良好的效果,从而降低了果实的商品和食用价值^[7-9]。基于这些原因,将 SO₂ 用于保持采后鲜食葡萄果实品质时,研究其食用安全性变得越来越重要。

文中实验通过对4种 SO₂ 保鲜处理,分别为 SO₂ 气态处理结合 CT2 保鲜剂和简化包保鲜剂处理,以及 CT2 保鲜剂和简化包保鲜剂单独处理,从而探明此 SO₂ 保鲜技术对醉金香葡萄的保鲜效果,并在后期测定各处理葡萄果实中 SO₂ 残留量,为鲜食葡萄反季食用提供安全性参数,同时有效保持果实品质,为我国市场提供高效的葡萄保鲜技术。

1 实验

1.1 材料与仪器

供试品种为醉金香葡萄,采自天津滨海茶淀葡萄科技园,树体生长健壮,采收时挑选无病害、无霉变、无划伤的果实,将其装入 PE 保鲜膜(由国家农产品保鲜工程技术研究中心提供),大小为 650 mm×650 mm,厚度为 0.025~0.03 mm,随后放置于容量为 4 kg 的塑料框内,采收当天运回国家农产品

保鲜工程技术研究中心(天津),并放入(0±0.5)℃冷库中。CT2 保鲜剂、简化包保鲜剂(焦亚硫酸盐质量分数≥50%)均由国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津)提供。

主要仪器:UV-1780 型紫外可见分光光度计(岛津),岛津仪器(苏州)有限公司;Check Point 型便携式 O₂/CO₂ 测定仪,丹麦 PBIDansensor 公司;3-30K 高速冷冻离心机,德国 Sigma 公司;AUW220D 型电子分析天平,日本岛津公司;DDS-11A 电导率仪,上海雷磁;BP210S 万分之一天平,德国赛多利斯;PAL-1 便携式手持折光仪,日本 ATAGO 爱宕公司;2010 气相色谱仪,日本岛津公司。

1.2 方法

1.2.1 样品处理

将葡萄果实先放在(0±0.5)℃的冷库中敞口充分预冷 24 h,然后放在衬有 PE 保鲜膜的塑料箱中,分别采用以下 4 种方法进行处理。

1) SO₂ 气态处理结合 CT2 保鲜剂处理,先将葡萄置于体积为 1 m³ 的塑料帐内进行 SO₂ 体积分数为 0.5%) 气态处理,时间为 20 min,再放入 CT2 保鲜剂(8 包)。

2) SO₂ 气态处理结合简化包保鲜剂(4 包)处理,气态处理同处理组 1);

3) CT2 保鲜剂(8 包)处理。

4) 简化包保鲜剂(4 包)处理。

4 种处理均为预冷后加入保鲜剂,扎口,存放于温度为(0±0.5)℃、相对湿度为 90%~95%的冷库中。每个处理做 3 次重复实验,以 30 d 为周期测定各项指标。

1.2.2 脱粒率和腐烂率的测定

采用质量称量法计算葡萄贮藏期间果实的脱粒率、腐烂率。

$$\text{脱粒率} = \frac{\text{脱落果实质量}}{\text{总果质量}} \times 100\%$$

$$\text{腐烂率} = \frac{\text{腐烂果实质量}}{\text{总果质量}} \times 100\%$$

1.2.3 果实品质相关指标

可溶性固形物含量的测定采用 PAL-1 便携式手持折光仪，可滴定酸（TA）含量的测定采用酸碱中和滴定法^[10]，Vc 含量参照李军^[11]的方法进行测定。

1.2.4 代谢生理指标

呼吸强度的测定采用便携式 O₂/CO₂ 测定仪。乙烯生成速率参照李志文^[12]的方法进行测定。葡萄出库后，将各处理组葡萄果穗的不同部位剪成小串果穗，称取质量 500 g 果实放置于容积为 2 L 的密闭保鲜盒中，密封后统一置于 20 °C 恒温培养箱中 2 h。然后采用便携式 O₂/CO₂ 测定仪测定罐内的 CO₂ 浓度，单位为 mg/(kg·h)。再采用注射器抽取盒内气体 20 mL（反复吸打 3 次），用气相色谱仪程序升温法测定乙烯的含量。

质膜相对透性采用电导仪进行测定。果皮电导率的测定：均匀选取 20 片葡萄皮，并用打孔器打孔后，将葡萄皮转移到 100 mL 三角瓶中，加入 50 mL 蒸馏水，震荡，立即测试此时的电导率 P_0 。测完后静置 30 min，测定此时的电导率 P_1 ；测定后放入沸水中，加热 15 min 后取出，待冷却后测电导率 P_2 。

$$\text{果皮相对电导率} = \frac{P_1 - P_0}{P_2 - P_0} \times 100\%$$

果梗电导率的测定：将葡萄果穗中的果粒摘下，取果梗并将其剪成细段，均匀称取 0.25 g 果梗细段，置于 100 mL 三角瓶中，加入 50 mL 蒸馏水，震荡，立即测试此时的电导率 P_0 。测完后静置 30 min，测定此时的电导率 P_1 ，测定后放入沸水中，加热 15 min 后取出，待冷却后测其电导率 P_2 。

$$\text{果梗相对电导率} = \frac{P_1 - P_0}{P_2 - P_0} \times 100\%$$

丙二醛（MDA）含量参照硫代巴比妥酸比色法^[13]进行测定。

1.2.5 果实颜色相关指标

果梗叶绿素和果皮花青素含量采用曹建康^[14]的方法进行测定。

1.2.6 相关酶活性测定

多酚氧化酶（PPO）活性的测定参考赵玉梅^[15]的方法。过氧化物酶（POD）活性参考陈建勋等^[16]的方法。

1.2.7 果实中 SO₂ 残留量

果实中 SO₂ 残留量依据 GB/T 5009.34—2016《食品中亚硫酸盐的测定》。

1.3 数据处理方法

数据处理采用 Excel 2010 软件，显著性分析使用 SPSS 17.0 软件。

2 结果与分析

2.1 脱粒率和腐烂率

从图 1a 可以看出，随着贮藏时间的延长，醉金香葡萄各处理组的脱粒率均呈增大的趋势，其中 CK+CT2 处理组的脱粒率虽然开始最低（0），但随后增加迅速，在 105 d 时达到最高（22.00%）；SO₂ 气+保鲜剂处理组的脱粒率在整个贮藏期间逐渐上升，在贮藏末期 SO₂ 气+CT2 和 SO₂ 气+简化包处理组的脱粒率分别为 8.50% 和 7.00%（最低），并与其他处理差异显著（ $P < 0.05$ ）。

从图 1b 可以看出，贮藏期间各处理组的腐烂率也随时间的延长而增加，其中，CK+CT2 处理在整个贮藏期间都最高，并在各观察点都与其他处理呈极显著差异（ $P < 0.01$ ）；SO₂ 气+CT2 处理前期腐烂率小幅增长，但在贮藏末期增长迅猛；SO₂ 气+简化包处理组的腐烂率在贮藏末期也迅速增加，腐烂率为 12.30%；CK+简化包处理的末期（贮藏 105 d）腐烂率（8.50%）显著（ $P < 0.05$ ）小于其他 3 个处理组。由此可见，对于腐烂率来说，CK+简化包处理的效果较好，SO₂+简化包处理在贮藏 0~90 d 的腐烂率与 CK+简化包处理类似，但在贮藏 105 d 时增加较多。

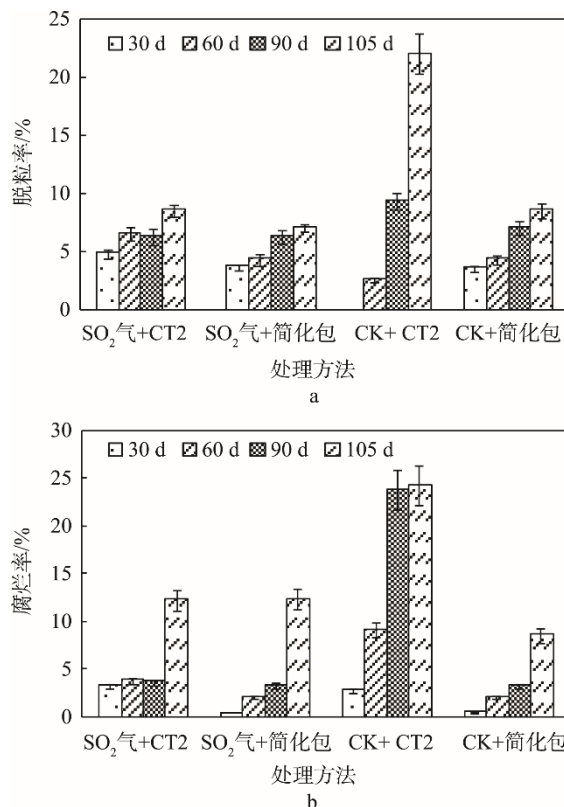


图 1 不同处理对醉金香葡萄脱粒率和腐烂率的影响
Fig.1 Effects of different treatments on threshing rate and rot rate of "Zuijinxiang" grape

2.2 果实品质

可溶性固形物和可滴定酸含量直接影响葡萄的风味和口感,实验结果见图2。由图2a可以看出,随着贮藏时间的延长,可溶性固形物含量呈波动下降趋势,前期下降速度较平缓,中后期下降得较快,到贮藏末期(105 d)时 SO_2 气+CT2处理的可溶性固形物含量最低(15.77%),而 SO_2 气+简化包处理的可溶性固形物含量最高(16.43%),与其他2个处理组呈极显著($P<0.01$)差异;CK+CT2处理在贮藏90 d时极显著($P<0.01$)低于其他处理组,并在贮藏105 d时完全腐烂,不能测定。由此可见, SO_2 气+简化包处理能更好地延缓可溶性固形物的下降。

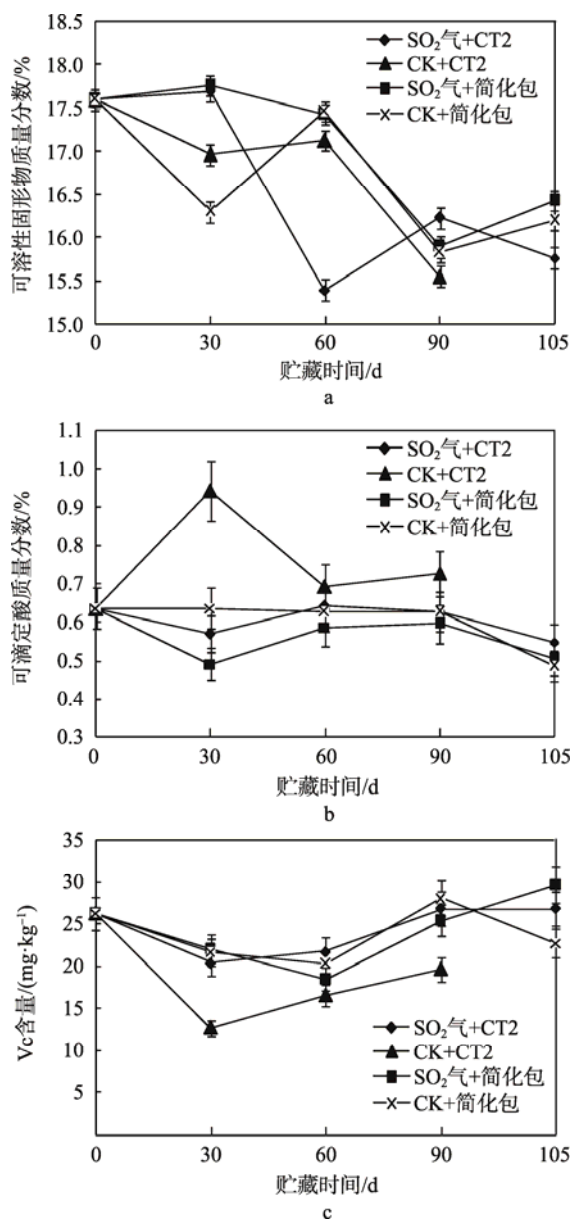


图2 不同处理对醉金香葡萄可溶性固形物、可滴定酸含量和Vc含量的影响

Fig.2 Effects of different treatments on soluble solids, titratable acid content and Vc content of "Zuijinxiang" grape

由图2b可知,在贮藏期间,有 SO_2 气态处理组的可滴定酸含量呈现先下降后上升再下降的趋势,可滴定酸含量均较低,只有保鲜剂处理组呈现先上升后下降的趋势,但CK+简化包处理到贮藏后期下降得较明显。CK+CT2处理组在贮藏30 d时大幅上升,这可能是由于其呼吸作用始终处于较强水平,酸作为呼吸底物被消耗,又由于水分被蒸发,酸含量有所上升,但最终还是下降的趋势。到贮藏105 d时可滴定酸含量由高到低依次为 SO_2 气+CT2、 SO_2 气+简化包和CK+简化包。

由图2c可知,Vc含量随贮藏时间的延长而先下降后上升,到贮藏末期(90 d)时CK+CT2处理组的Vc含量最低,并在贮藏105 d时腐烂,无法测定;到贮藏105 d时,Vc含量由高到低的处理依次为 SO_2 气+简化包、 SO_2 气+CT2、CK+简化包,且3个处理组间差异极显著($P<0.01$),且有 SO_2 气处理的 SO_2 气+CT2和 SO_2 气+简化包处理的Vc含量极显著($P<0.01$)高于CK+简化包处理,并较CK+简化包处理分别增加了15.36%和23.55%。

2.3 代谢生理指标

呼吸作用是果蔬采收后所进行的最重要的生理活动之一。呼吸强度是表示组织新陈代谢快慢的标志,过高的呼吸强度会加速果蔬的成熟衰老,降低耐贮性。由图3a可知,各处理组葡萄果穗的呼吸强度随着贮藏时间的延长而波动下降,在整个贮藏期间,CK+CT2处理组果实的呼吸强度始终处于较高的水平,并与其他处理组差异极显著($P<0.01$);在贮藏105 d时,呼吸强度由强到弱的处理组依次为 SO_2 气+CT2、CK+简化包、 SO_2 气+简化包。 SO_2 气+简化包处理组在整个贮藏期间的呼吸强度最弱,因而代谢活动也进行得较慢,能够较好地延缓果实的衰老。

乙烯是所有植物和一些微生物产生的能够影响植物生理生化变化的有机化合物,它作为植物激素对植物生长衰老等多方面起作用。由图3b可知,在整个贮藏期间,无 SO_2 气态处理的CK+CT2和CK+简化包的乙烯生成速率极显著($P<0.01$)高于有 SO_2 气态的 SO_2 气+CT2和 SO_2 气+简化包处理,无 SO_2 气态处理的2个处理组呈先增加后减小再增加的趋势,而有 SO_2 气态处理的2个处理组呈先减小再增加的趋势。至贮藏90 d和105 d时,4个处理组的乙烯生成速率由高到低依次为CK+CT2、CK+简化包、 SO_2 气+CT2和 SO_2 气+简化包,且4个处理组之间差异极显著($P<0.01$),但CK+CT2处理组在贮藏105 d时已腐烂,无法测定。由此可见,在贮藏期间乙烯生成速率处于低水平的处理组是 SO_2 气+简化包。

乙烯可以刺激果蔬产品的呼吸作用,加速其衰

老。由图 3a—b 可知，有 SO₂ 气态处理的 2 个处理组的呼吸强度和乙烯生成速率都较低，且变化趋势相似，这也很好地说明了葡萄中乙烯与呼吸强度的关系。

由图 3c 可知，果皮电导率在贮藏期间，除 SO₂ 气+简化包处理组的波动较大以外，气态处理组均呈先下降后波动上升的趋势；在贮藏末期（105 d）时，果皮电导率由大到小的处理组为 CK+简化包、SO₂ 气+CT2 和 SO₂ 气+简化包，它们之间的差异极显著（ $P<0.01$ ）；CK+CT2 处理在此时已经腐烂，无法测定，但在贮藏 90 d 时果皮的电导率最大。

由图 3d 可知，4 个处理组的果梗电导率随着贮

藏时间的延长而不断波动增大，CK+CT2 处理组虽然在贮藏初期（30 d）增长得最慢，但到贮藏中期（60 d）迅速增长，到贮藏后期（90 d）时跃居为最高（0.22%），SO₂ 气+简化包处理组在贮藏初期（30 d）增长得最快，但到贮藏中后期波动下降，稍高于 SO₂ 气+CT2 处理组。SO₂ 气+CT2 处理组在整个贮藏期间的果梗电导率都处于较低水平，因此此处理对膜透性的影响最小。

果皮电导率和果梗电导率在贮藏末期由大到小的处理组都为 CK+简化包、SO₂ 气+CT2 和 SO₂ 气+简化包，说明 SO₂ 气+简化包处理对果皮和果梗细胞透性的影响最小。

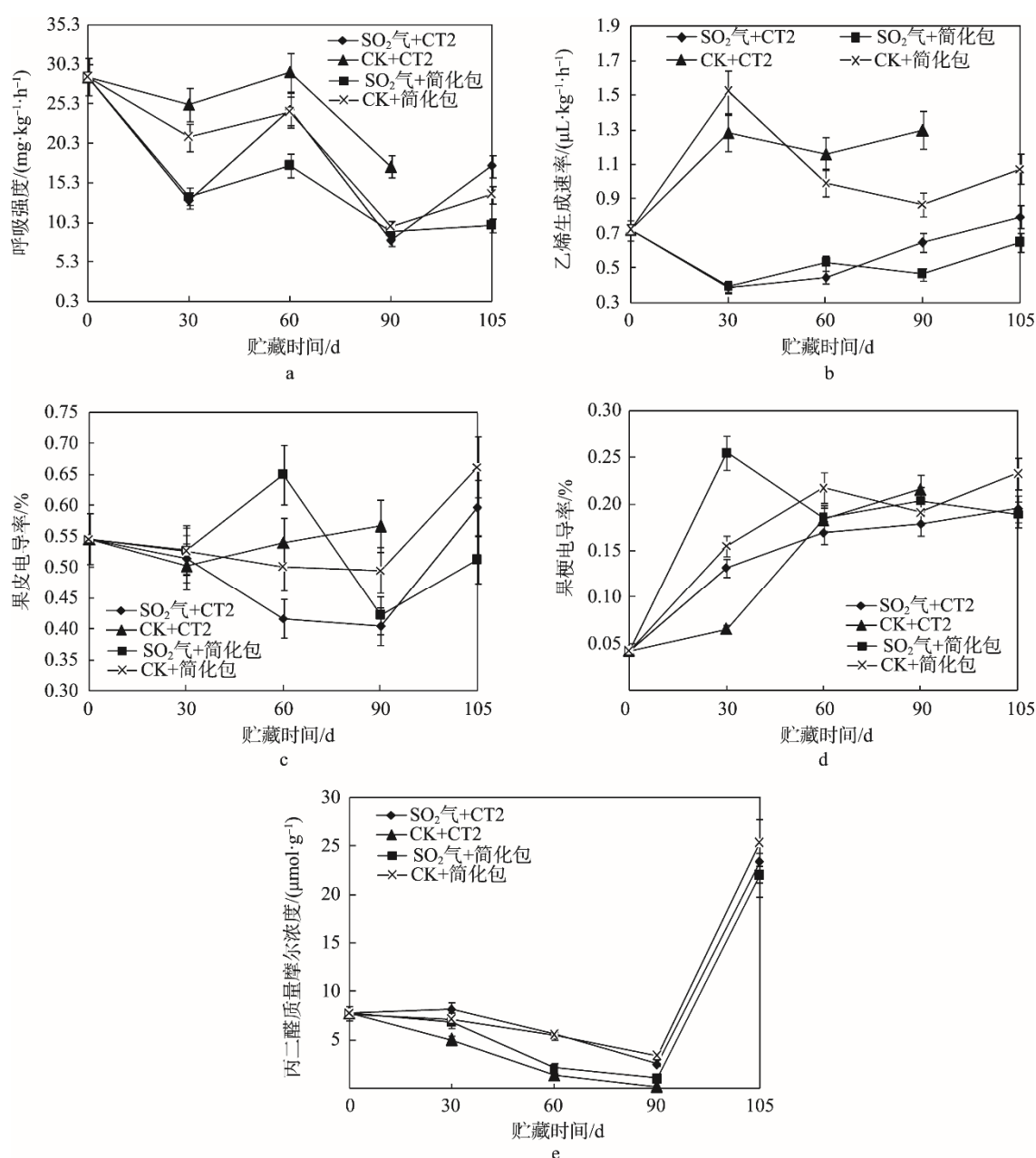


图 3 不同处理对醉金香葡萄呼吸强度、乙烯生成速率、果皮电导率、果梗电导率和丙二醛含量的影响

Fig.3 Effects of different treatments on respiratory intensity, ethylene production rate, peel conductivity, fruit stem conductivity and malondialdehyde content of "Zuijinxiang" grape

丙二醛是膜脂过氧化作用的主要产物之一,通常可将其含量作为膜脂过氧化指标,反映细胞膜脂氧化的程度,而膜脂过氧化会增加细胞透性,导致细胞内容物外渗,破坏了膜的结构及生理完整性^[17]。从图 3e 可以看出,4 个处理组的丙二醛含量均随时间的延长整体呈现先下降后在贮藏末期急剧升高的趋势,CK+CT2 处理组在整个贮藏期间都极显著 ($P<0.01$) 高于其他处理组;在贮藏 105 d 时丙二醛含量由高到低的处理组依次为 CK+简化包 (25.32 $\mu\text{mol/g}$)、 SO_2 气+CT2 (22.30 $\mu\text{mol/g}$) 和 SO_2 气+简化包 (21.64 $\mu\text{mol/g}$)。结果表明, SO_2 +简化包处理能更好地维持葡萄果实细胞结构的完整性。此结论与果梗、果皮电导率相一致。

2.4 颜色指标

葡萄在贮藏过程中易出现由果梗干梗所引起的果梗褐变现象,从而导致葡萄品质下降,故保持葡萄果梗的鲜绿是葡萄贮藏期间的关键因素,而果梗的叶绿素含量能反映果梗的鲜绿状态。由图 4a 可知,葡萄果梗叶绿素含量随着贮藏时间的延长而不断下降,各处理组叶绿素含量的下降速率也不尽相同。CK+简化包处理组到贮藏中后期下降得最快,在贮藏 60 d 后为 4 个处理组中最低的,到贮藏 105 d 时为 0.3185 mg/g。 SO_2 气+简化包组的叶绿素含量最高 (0.3348 mg/g),并极显著 ($P<0.01$) 高于其他处理组,其次是 SO_2 +CT2 处理组,互相之间也呈极显著 ($P<0.01$) 差异。由此可见, SO_2 +简化包处理组对于保持果梗新鲜度具有较好作用。

葡萄果皮中含有大量的花青素,花青素属于类黄酮类的化合物,是一种安全绿色的天然色素,是植物次生代谢产物。花青素与果实色泽的发育、品质、风味形成、成熟与衰老过程等均密切相关,对果品的贮藏具有重要影响。花青素是重要的多酚类物质,能够增强植物的抗逆性、抗病性,提升果蔬的采后品质,并且是一种对人类健康十分有益的抗氧化类物质^[18]。由图 4b 可知,在整个贮藏期间,花青素含量随着贮藏时间的延长,4 个处理组呈现 2 种态势,有 SO_2 气态处理的 2 个处理组花青素含量先升高再下降,而无 SO_2 气态处理的 2 个处理组的花青素先下降后上升;到贮藏 105 d 时,花青素含量由高到低的处理组依次为 SO_2 气+CT2 (0.017 mg/g)、CK+简化包 (0.014 mg/g) 和 SO_2 气+简化包 (0.010 mg/g)。

2.5 POD 和 PPO 活性变化

POD 大量存在于植物中,可清除植物体内的过氧化物自由基,与植物抗氧化能力有着密切的关系^[19]。不同处理对醉金香葡萄 POD 活性的影响见图 5a。在整个贮藏过程中,各处理组果实的 POD 含量随着贮藏时间的延长呈波动增加趋势,但 CK+CT2

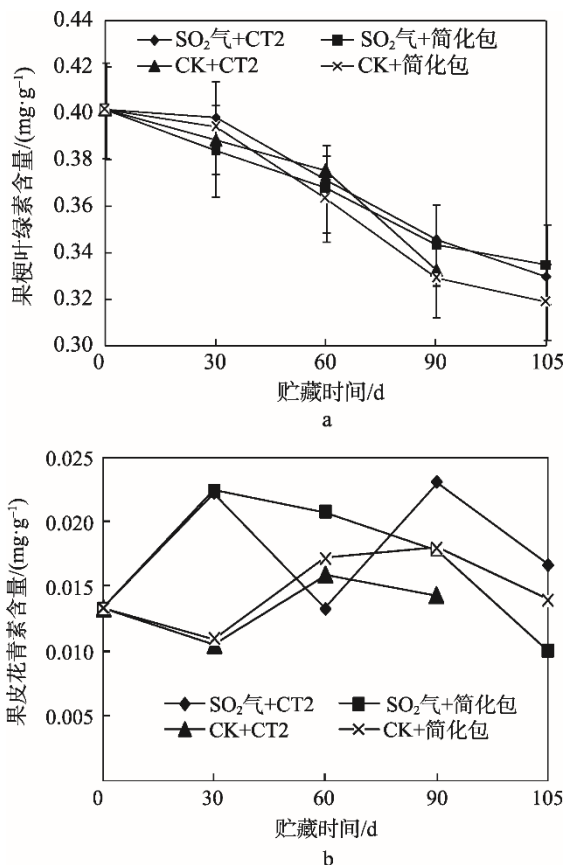


图4 不同处理对醉金香葡萄果梗叶绿素含量和果皮花青素含量的影响

Fig.4 Effects of different treatments on stem chlorophyll content and peel anthocyanin content of "Zuijinxiang" grape

处理组果实的 POD 活性始终低于其他处理组,且增加得较缓慢。在贮藏 105 d 时,果实的 POD 活性由高到低的处理组依次为 SO_2 气+CT2、 SO_2 气+简化包和 CK+简化包。说明适当的 SO_2 气态处理增强了 POD 活性,从而抑制了膜脂的过氧化作用,减少了腐烂率,延缓了果实的衰老进程^[23]。并极显著 ($P<0.01$) 高于无 SO_2 气态的处理组,能够较好地抑制葡萄的衰老成熟进程。

多酚氧化酶 (PPO) 是引起果蔬酶促褐变最主要的酶,在有氧的条件下,PPO 能催化酚类物质氧化为醌,醌通过聚合反应会产生有色物质,导致果实组织褐变^[20]。醉金香葡萄在贮藏期间多酚氧化酶 (PPO) 活性的变化情况见图 5b,呈现先下降后上升又下降的趋势;在贮藏 60 d 时,除 SO_2 气+CT2 处理组的 PPO 活性高峰推迟了 30 d 外,其他 3 个处理组均达到 PPO 活性的高峰后再下降。在贮藏 105 d 时,PPO 活性由高到低的处理组依次为 SO_2 气+CT2、 SO_2 气+简化包和 CK+简化包。由此可见,CK+简化包处理组在贮藏后期 (105 d) PPO 活性处于较低水平,能够抑制果肉的褐变,而 SO_2 气+简化包处理组虽然稍高于 CK+简化包处理组,综合考虑加有简化包保鲜剂的处理组好于其他处理组。

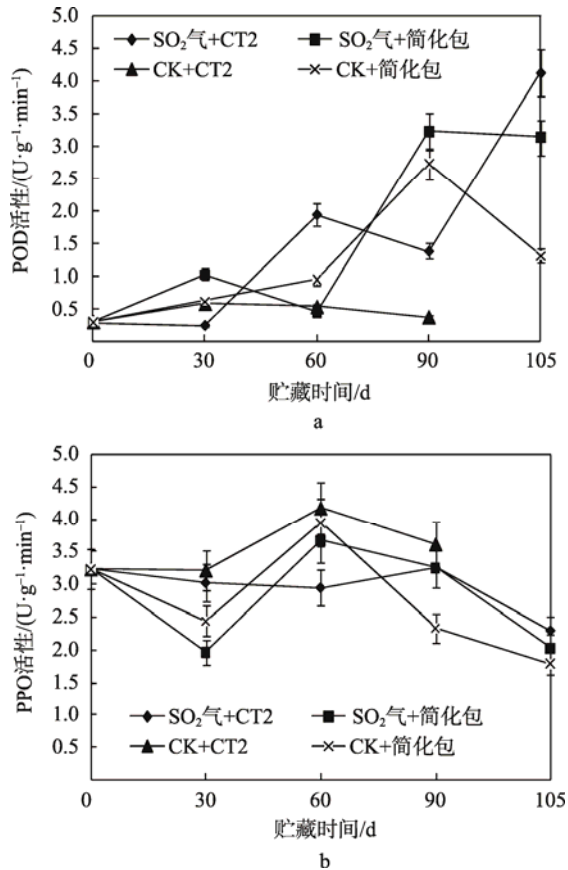


图5 不同处理对醉金香葡萄果实 POD 和 PPO 活性的影响
Fig.5 Effects of different treatments on POD content and PPO content of "Zuijinxiang" grape

2.6 葡萄果实 SO₂ 残留量

果实中 SO₂ 残留量的多少与果实的种类和使用剂量有关。由于不同果蔬品种的表皮结构不一样，所以吸收 SO₂ 的能力也不一样^[21]。在葡萄保鲜中，SO₂ 兼具防腐、钝化氧化酶活性、抗氧化、抑制呼吸、抑制代谢等多重功能，但使用剂量必须适当。如果 SO₂ 剂量过小，则达不到抑制病害的作用。如果 SO₂ 的剂量过大，则极易造成果粒漂白，且残留量过高对人体有害^[22]。由此可见，在使用过程中要尽量减少果实中的 SO₂ 残留量。

在实验中对 4 种处理组果实在贮藏末期的 SO₂ 残留量进行测定，结果见表 1。不同处理组葡萄果实

表 1 不同处理对醉金香葡萄贮藏末期 SO₂ 残留量的影响
Tab.1 Effects of different treatments on SO₂ residue at the end of storage of "Zuijinxiang" grape mg/kg

处理方法	贮藏时间/d	
	90	105
SO ₂ +CT2	(6.55±0.15)d	(10.15±0.14)d
SO ₂ +简化包	(13.75±0.21)b	(15.07±0.22)b
CK+CT2	(14.03±0.16)a	(16.35±0.19)c
CK+简化包	(8.78±0.11)c	(19.84±0.21)a

注：同列数据后不同小写字母表示差异显著性(P<0.05)

的 SO₂ 残留量均不同，在贮藏 90 d 和 105 d 时各处理组的 SO₂ 残留量均未超过国家标准规定值 (SO₂ 残留在保鲜水果中的允许值 ≤ 50 mg/kg)^[23]。在贮藏 105 d 时，SO₂ 残留量最低的处理组为 CK+简化包。SO₂+CT2 处理组在贮藏 90 d 和 105 d 时残留量均为最低，SO₂+简化包处理组在贮藏 105 d 时次之。

3 讨论

3.1 商品性和果实品质方面

实验中，SO₂ 不同处理组的脱粒率和腐烂率随着贮藏时间的延长而增加，其中 SO₂+简化包处理组果实的脱粒率最低，CK+简化包处理组果实的腐烂率最低，SO₂+简化包处理组次之。综合考虑得出 SO₂+简化包处理组整体效果较好，可更好地抑制葡萄果实的脱落和腐烂，同时，其能够在可溶性固形物、可滴定酸含量、Vc 含量、叶绿素含量等品质指标上起到很好的维持作用，研究结果与课题组^[24]在维多利亚葡萄上的研究结果相似。进行了 SO₂ 气态处理的比不处理的好，产生这一明显差异的原因可能是 SO₂ 气体本身能够杀死葡萄中的病菌，且有防腐和抗氧化的作用，结合简化包保鲜处理对葡萄品质有更好的维持作用。

3.2 果实衰老方面

膜透性的增加会加速葡萄果实的衰老，最终引起葡萄果实的腐烂变质。随着贮藏期的延长，果皮和果梗相对电导率上升，表明果皮和果梗组织膜系统受损程度逐渐增大，因而贮藏果实的脱粒率和腐烂率也增加。果梗的相对电导率较果皮的相对电导率增加得更迅速。实验中，SO₂+简化包处理组葡萄的果梗和果皮的电导率均为最低，其 MDA 含量也最低，能很好地抑制果实贮藏期间 MDA 的积累，从而抑制细胞膜透性的增加。

花青素是多酚物质，能够增强植物的抗病性和抗逆性。糖是形成花青素的前体物质，果实的含糖量越高花青素合成量也越多，上色效果也越明显。实验中，贮藏期间可溶性糖含量和花青素含量均呈现先上升后下降的相似趋势，这也说明了糖与花青素的相互关系。

3.3 果实呼吸变化规律方面

果蔬采收后所经历的是从成熟到衰老的变化，这一变化的快慢，与其采收后的呼吸作用强弱和乙烯产生的快慢有密切关系。随着贮藏时间的延长，贮藏物质逐渐被消耗。呼吸作用越强，体内的营养物质减少得就越快，果实也就衰老得越迅速，贮藏寿命就越短。乙烯的浓度越高，呼吸强度也越强，因此控制乙烯产生也就能延缓果实成熟和衰老的进程。

4种处理方法中,SO₂+简化包能够显著($P<0.05$)降低醉金香葡萄果穗的呼吸强度,并减缓乙烯生成速率,而乙烯是促进呼吸和成熟衰老的激素,可以引起果实的成熟、衰老和软化。由此可见,采用SO₂+简化包处理更能抑制醉金香葡萄的衰老和软化。

3.4 果实褐变方面

在逆境胁迫或衰老过程中,植物细胞内活性氧的产生和清除平衡受到破坏,膜脂过氧化,从而导致膜系统被伤害。果实褐变是多酚氧化酶和过氧化物酶作用于多酚类底物氧化所引起的一种病理反应,而多酚氧化酶(PPO)是引起果蔬酶促褐变最主要的酶,POD具有协同作用。实验中,采用简化包处理能够有效抑制PPO含量的增加,从而抑制果实褐变;采用适当的SO₂处理能够增强POD活性,从而抑制果实的衰老进程^[25]。

4 结语

通过比较4种不同SO₂处理方法对醉金香葡萄贮藏品质的影响发现,SO₂+简化包处理方式能够在可溶性固形物、可滴定酸含量、Vc含量、叶绿素含量、花青素含量等方面起到很好的维持作用,且SO₂+简化包处理能极显著($P<0.01$)降低醉金香葡萄果穗的呼吸强度、乙烯生成速率,并能有效抑制葡萄果实中PPO活性和果实中丙二醛、组织电导率的增大,减缓膜透性的增加。综合评价可知,SO₂+简化包处理对醉金香葡萄的保鲜效果最佳。

参考文献:

- [1] 张健雄,李平.“红提”葡萄采后贮藏保鲜技术研究进展[J].北方园艺,2016(10):181—184.
ZHANG Jian-xiong, LI Ping. Research Progress on Postharvest Storage and Preservation Technology of "Red Grape" Grape[J]. Northern Horticulture, 2016(10): 181—184.
- [2] 王世军. 二氧化硫类防腐杀菌剂在葡萄保鲜中的应用[J]. 保鲜与加工, 2015, 15(2): 1—6.
WANG Shi-jun. Application of Sulfur Dioxide Antiseptic Fungicide in Grape Preservation[J]. Storage and Processing, 2015, 15(2): 1—6.
- [3] 王德生. 高产优质抗病葡萄新品种醉金香[J]. 吉林农业, 2001(8): 22.
WANG De-sheng. High-yield High-quality and Disease-resistant Variety "Zuijinxiang" Grape[J]. Jilin Agriculture, 2001(8): 22.
- [4] 韩洁,陈存坤,王文生,等. 保鲜剂不同组合对袋内SO₂积累及葡萄保鲜质量的影响[J]. 食品科学, 2015, 36(24): 319—325.
HAN Jie, CHEN Cun-kun, WANG Wen-sheng, et al. Effects of Different Combinations of Preservatives on SO₂ Accumulation in Packaging Bags and Quality Preservation of Grapes[J]. Food Science, 2015, 36(24): 319—325.
- [5] BERRY G, AKED J. Controlled Atmosphere Alternatives to the Postharvest Use of Sulphur Dioxide to Inhibit the Development of Botrytis Cinerea in Table Grapes[J]. Postharvest Horticulture Series, 1997, 3(19): 160—164.
- [6] NELSON K E. Harvesting and Handling California Table Grapes for Market[M]. Oakland: University of California Division Agricultural Science Publisher, 1985: 1932.
- [7] 高海燕,张华云,王善广,等. 不同用量SO₂处理对两类葡萄冷藏中抗氧化性能的影响[J]. 农业工程学报, 2006, 22(9): 210—214.
GAO Hai-yan, ZHANG Hua-yun, WANG Shan-guang, et al. Effects of Different SO₂ Dosages on the Antioxidation of Two Kinds of Grape During Cold Storage[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering Stop Date, 2006, 22(9): 210—214.
- [8] 贺光祖,张才智,晏宇,等. 葡萄贮藏保鲜技术研究进展[J]. 现代农业科技, 2009(22): 339—340.
HE Guang-zu, ZHANG Cai-zhi, YAN Yu, et al. Research Progress on Grape Storage and Preservation Technology[J]. Modern Agricultural Technology, 2009(22): 339—340.
- [9] 杨敦敦,张平,赵飞,等. 不同保鲜剂处理对红地球葡萄贮藏期间SO₂残留量的影响[J]. 保鲜与加工, 2014(5): 8—13.
YANG Dun-dun, ZHANG Ping, ZHAO Fei, et al. Influence on SO₂ Residues of Red Globe Grape Treated by Different Preservatives during Storage[J]. Storage and Process, 2014(5): 8—13.
- [10] 高俊凤. 植物生理学试验技术[M]. 西安: 世界图书出版公司, 2000: 160—162.
GAO Jun-feng. Experimental Techniques of Plant Physiology[M]. Xi'an: World Book Publishing House, 2000: 160—162.
- [11] 李军. 钼蓝比色法测定还原型维生素C[J]. 食品科学, 2000, 21(8): 42—44.
LI Jun. Determination of Reduced Vitamin C by Molybdenum Blue Colorimetric Method[J]. Food Science, 2000, 21(8): 42—44.
- [12] 李志文,张平,刘翔,等. 1-MCP结合冰温贮藏对葡萄采后品质及相关生理代谢的调控[J]. 食品科学, 2011(20): 308—314.
LI Zhi-wen, ZHANG Ping, LIU Xiang, et al. Effects of 1-MCP Treatment in Combination with Controlled Freezing-point Storage on Postharvest Qualities and Physiological Metabolism of Grape (*Vitis Vinifera* L)[J]. Food Science, 2011(20): 308—314.
- [13] 郭丽,程建军,马莹,等. 青椒冰温贮藏的研究[J]. 食品科学, 2004, 25(11): 323—325.

- GUO Li, CHENG Jian-jun, MA Ying, et al. Study on Storage of Green Pepper Controlled Freezing-point[J]. Food Science, 2004, 25(11): 323—325.
- [14] 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, 2016: 44—46.
- CAO Jian-kang, JIANG Wei-bo, ZHAO Yu-mei. Physiological and Biochemical Experiment Guidance for Postharvest Fruits and Vegetables[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2016: 44—46.
- [15] 赵玉梅. 壳聚糖对晚红葡萄采后保鲜的影响[J]. 北方园艺, 2008(11): 201—203.
- ZHAO Yu-mei. Effect of Chitosan on Postharvest Fresh-keeping of Late Red Grape[J]. Northern Horticulture, 2008(11): 201—203.
- [16] 陈建勋, 王晓峰. 植物生理学实验[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2006: 72—73.
- CHEN Jian-xun, WANG Xiao-feng. Plant Physiology Experiment[M]. Guangzhou: South China University of Technology Press, 2006: 72—73.
- [17] WILLS R B H, KU V V V, LESHEM Y Y. Fumigation with Nitric Oxide to Extend the Postharvest Life of Strawberries[J]. Postharvest Biology and Technology, 2000, 18(1): 75—79.
- [18] JAAKOLA L. New Insights into the Regulation of Anthocyanin Biosynthesis in Fruits[J]. Trends in Plant Science, 2013, 18(9): 477—483.
- [19] YAN J, SONG Y, LI J, et al. Forced-air Precooling Treatment Enhanced Antioxidant Capacities of Apricots[J]. Journal of Food Processing & Preservation, 2017(3): E13320.
- [20] 陆定志, 傅家瑞, 宋松泉, 等. 植物衰老及其调控[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997: 117—126.
- LU Ding-zhi, FU Jia-rui, SONG Song-quan, et al. Plant Aging and Its Regulation[M]. Beijing: China's Agricultural Cooperatives, 1997: 117—126.
- [21] 余以刚, 黄伟, 刘志坚, 等. 熏硫处理荔枝贮藏过程中二氧化硫残留研究[J]. 食品科学, 2004, 25(11): 311—313.
- YU Yi-gang, HUANG Wei, LIU Zhi-jian, et al. Sulfur Dioxide Residues on Litchi Fruit Treated with Sulphur Fumigation during Storage[J]. Food Science, 2004, 25(11): 311—313.
- [22] 陈守江, 王海鸥, 扶庆权, 等. 不同剂量 SO₂ 缓释剂对蓝莓果实抑菌、漂白及残留量的影响[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(14): 174—177.
- CHEN Shou-jiang, WANG Hai-ou, FU Qing-quan, et al. Effects of Different Dosage of SO₂ Sustained Release Agent on Bacteriostatic, Bleaching and Residual Amounts of Blueberry Fruit[J]. Jiangsu Agricultural Science, 2018, 46(14): 174—177.
- [23] GB 2760—2014, 食品安全国家标准食品添加剂使用标准[S].
- GB 2760—2014, National Standard for Food Safety, Food Additive Use Standards[S].
- [24] 集贤, 张平, 姚云凤, 等. 不同处理对奥古斯特葡萄贮藏效果的影响[J]. 食品研究与开发, 2013(14): 119—122.
- JI Xian, ZHANG Ping, YAO Yun-feng, et al. Effects of Different Treatment on the Storage Effect of Auguste Grape[J]. Food Research And Development, 2013(14): 119—122.
- [25] 彭新媛, 高晶, 王刚霞, 等. SO₂-ClO₂ 处理对木纳格葡萄采后贮藏品质的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(18): 178—184.
- PEN G Xin-yuan, GAO Jing, WANG Gang-xia, et al. Effect of SO₂-ClO₂ Treatment on Postharvest Quality of 'Munage' Grape[J]. Food Science, 2014, 35(18): 178—184.