

不同贮藏条件下葡萄的SO₂残留及膳食风险评估

佟继旭¹, 朱志强², 钱永忠^{1,*}

(1. 中国农业科学院农业质量标准与检测技术研究所, 北京 100081;

2. 国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津), 天津农产品采后生理与贮藏保鲜重点实验室, 天津 300384)

摘要: 本实验以红地球葡萄为试材, 检测在不同运输距离、产地批次、年份、温度、SO₂气体脉冲处理含量下SO₂的残留量, 结合居民每日推荐葡萄消费量, 对葡萄中SO₂进行膳食风险评估。结果显示, SO₂的检出率为100%, 所有实验组中SO₂残留量范围是5.04~39.33 mg/kg, 均低于国家食品添加剂的限量标准; 随着运输距离的增加, SO₂在葡萄中不断积累; 国外葡萄中SO₂含量较低(6.96~12.46 mg/kg); 保鲜剂中SO₂的释放速率和葡萄自身品质也对SO₂的残留起着重要的作用。风险评估结果表明, 各处理组风险商值均小于1, 食用风险较低, 但应考虑保鲜剂可能会导致葡萄的漂白损伤, 降低商品价值。

关键词: 红地球葡萄; 保鲜剂; SO₂残留; 风险评估

SO₂ Residue and Potential Dietary Health Risk Assessment in Grapes under Different Storage Conditions

TONG Jixu¹, ZHU Zhiqiang², QIAN Yongzhong^{1,*}

(1. Institute of Quality Standards and Testing Technology for Agro-products, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China; 2. National Engineering and Technology Research Center for Preservation of Agricultural Products (Tianjin), Tianjin Key Laboratory of Postharvest Physiology and Storage of Agricultural Product, Tianjin 300384, China)

Abstract: In this study, the residual level of sulfur dioxide in Red Globe grapes was determined as a function of transportation distance, harvest batch, harvest year, storage temperature and SO₂ gas concentration. The potential health risk assessment of sulfur dioxide via the consumption of Red Globe grapes was also studied based on the recommended daily consumption of grapes. The results showed that sulfur dioxide was detected in all samples in the range of 5.04–39.33 mg/kg, which was lower than the maximum residue limit specified in the national standard. With the increase in transportation distance, SO₂ residue continuously accumulated. The level of SO₂ residue in imported grapes ranged from 6.96 to 12.46 mg/kg, lower than that in domestic grapes; the release rate of SO₂ from the preservative and grape quality had significant influence on the residue of SO₂. The health risk assessment results showed that the risk quotient of SO₂ was less than 1 for all groups, indicating low health risk, but it should be considered that the preservative may cause bleaching damage to grapes and reduce commodity value.

Keywords: Red Globe grape; preservatives; SO₂ residue; risk assessment

DOI:10.7506/spkx1002-6630-20181206-082

中图分类号: TS255.3

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2020)01-0163-05

引文格式:

佟继旭, 朱志强, 钱永忠. 不同贮藏条件下葡萄的SO₂残留及膳食风险评估[J]. 食品科学, 2020, 41(1): 163-167.

DOI:10.7506/spkx1002-6630-20181206-082. <http://www.spkx.net.cn>

TONG Jixu, ZHU Zhiqiang, QIAN Yongzhong. SO₂ Residue and potential dietary health risk assessment in grapes under different storage conditions[J]. Food Science, 2020, 41(1): 163-167. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-20181206-082. <http://www.spkx.net.cn>

收稿日期: 2018-12-06

基金项目: 农业农村部财政专项(GJFP2018011); 天津市自然科学基金项目(17JCQNJC14700);

天津市青年科研人员创新研究与实验项目(2018010)

第一作者简介: 佟继旭(1979—)(ORCID: 0000-0001-6964-5454), 男, 助理研究员, 博士研究生, 研究方向为农产品质量与食品安全。E-mail: tongjixu@caas.cn

*通信作者简介: 钱永忠(1965—)(ORCID: 0000-0002-3380-3139), 男, 研究员, 博士, 研究方向为农产品质量安全。E-mail: qyzcaas@163.com

SO₂类保鲜剂常被用于葡萄的贮藏保鲜过程中,以保持葡萄果实新鲜,延长葡萄贮运期。红地球葡萄是SO₂敏感的葡萄品种,保鲜剂使用剂量稍大,就会发生SO₂的漂白伤害^[1-3],通常使用冷藏结合SO₂类保鲜剂的方式进行贮运^[4-6]。在红地球葡萄贮运中发现,后期葡萄果实的果刷部位常出现漂白圈,这是一种明显的SO₂损伤现象。SO₂漂白损伤不仅降低了葡萄果实的商品价值,还会造成SO₂残留,进而影响消费者的健康安全^[7-9]。目前,美国食品药品监督管理局(Food and Drug Administration, FDA)规定鲜水果中SO₂残留量的标准是不大于10 mg/kg^[10],我国GB 2760—2014《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》^[11]规定“经表面处理的鲜水果”的SO₂残留量标准是不大于50 mg/kg。国内外对使用SO₂类保鲜剂对红地球葡萄保鲜进行了大量研究,如不同葡萄品种对SO₂的敏感性、葡萄SO₂漂白损伤的症状、影响SO₂损伤的内外因素、SO₂处理葡萄的伤害阈值、对葡萄的漂白损伤机制、在葡萄果实内的代谢机理、葡萄受到SO₂损伤后的自我恢复以及减小SO₂损伤的技术等^[12]。食品中违规过量添加SO₂会对人体健康造成危害^[13-14],但目前SO₂类保鲜剂处理对人们造成的膳食风险评估还鲜见报道。

本实验着重探究运输距离、产地、批次、SO₂气体脉冲处理含量、贮藏温度对红地球葡萄果实的SO₂残留以及膳食风险评估的影响,探讨贮运中适合红地球葡萄的保鲜处理方式,为实际生产提供技术参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

样品均为红地球葡萄(*Vitis vinifera* L cv. Red Globe)果实,选取穗形整齐、无病虫害、色泽一致的果实作样品,采摘、运输过程中避免机械伤害,采收当天运回实验室。预冷24 h后,将葡萄分组装入聚乙烯保鲜膜,装量5 kg,做好标记后于相应贮藏库中进行实验^[15]。

取样方法:均为到达取样时间点时,从每个处理组随机取出果实,切取葡萄果实赤道部分1 cm宽度果肉并去掉外果皮,迅速切成小块,放入液氮中速冻,于-80℃冰箱中保存。

葡萄保鲜剂(适用于红地球、巨峰、龙眼、玫瑰香等品种)和PE保鲜膜由国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津)提供^[16-17]。

葡萄保鲜剂主剂成分为焦亚硫酸钠,片剂中质量分数不小于75%,0.5 g/片,每包2片;粉剂中质量分数不小于90%,1 g/包;聚乙烯保鲜膜厚度0.02 mm。

1.2 仪器与设备

-80℃超低温冰箱、-20℃低温冰箱 青岛海尔集团;1602 MP8-1型电子天平 德国Sartorius GMBH

GOTTINGEN公司;全玻璃蒸馏器 北京昌海科创科技有限责任公司;0℃冷库、20℃贮藏库 国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津);DY-600-5低频正弦振动实验台 苏州试验仪器总厂。

1.3 方法

1.3.1 实验设计

1.3.1.1 不同含量脉冲式SO₂气体及温度处理

预冷后封袋前用标准SO₂气体熏蒸处理,SO₂气体含量分别为2 500、5 000、10 000 μL/L,熏蒸30 min,每组2箱。

经不同含量脉冲式SO₂气体熏蒸后的红地球葡萄于(0.0±0.5)℃冷库和(20±1)℃保鲜库贮藏,分别于0、3、5、7、10、15 d时取样。

1.3.1.2 不同产地及批次的选择

葡萄产地分别为河北省张家口市涿鹿县果树场4个批次(运输距离288 km)、河北省抚宁市新寨镇寨里庄2个批次(运输距离270 km)、山东省烟台市海阳葡萄园4个批次(运输距离533 km)、新疆维吾尔自治区吐鲁番市2个批次(运输距离2 745 km)、秘鲁3个批次(运输距离16 500 km)和美国加州1个批次(运输距离10 000 km)。

1.3.1.3 不同年份及产地的选择

分别选取2016年和2017年天津市蓟州区、河北张家口市涿鹿县、抚宁市的红地球葡萄,采收时间、成熟度相同。

1.3.1.4 不同运输距离及保鲜剂处理

参照陈辰^[18]的方法进行,利用DY-600-5低频正弦振动实验台进行模拟,以加速度4 m/s²、定频5 Hz分别振动不同时间,模拟分析短距离(300~500 km)、中距离(800~1 000 km)和长距离(大于1 200 km)3种路程。

采用2种保鲜剂处理,分别为T1组(7包片剂+1包粉剂)和T2组(4包粉剂)。

1.3.2 指标测定

1.3.2.1 葡萄中SO₂含量的测定

碘标准溶液的制备和SO₂含量的测定参照GB 5009.34—2016《食品安全国家标准 食品中亚硫酸盐的测定》^[19]。精确称量5 g冷冻样品到蒸馏瓶中,加蒸馏水,连接使冷凝管的下端插入乙酸铅吸收液中,然后向蒸馏瓶中加入10 mL盐酸,加热蒸馏。当蒸馏液约为200 mL时,使冷凝管下端离开液面,再蒸馏1 min。用少量水冲洗。取出碘量瓶,依次加入浓盐酸和淀粉指示液,摇匀后用碘标准溶液滴定至变蓝且在30 s内不褪色。SO₂含量按公式(1)计算。

$$X = \frac{(V_A - V_B) \times c \times 0.032 \times 1\,000 \times 1\,000}{m} \quad (1)$$

式中: X 为 SO_2 含量/(mg/kg); V_A 、 V_B 分别为滴定试样和空白所消耗碘标准溶液体积/mL; c 为碘标准溶液浓度/(mol/L); m 为质量/g; 0.032表示1 mL碘标准溶液相当的 SO_2 质量/g。

1.3.2.2 SO_2 对人体的风险评估

参考胡桂仙等^[20]的方法进行, 联合国粮食及农业组织和世界卫生组织的联合食品添加剂专家委员会确定了 SO_2 的日容许摄入量最高为0.7 mg/kg m_b ^[21-22]。结合居民每日水果摄入量为45 g。分别按照公式(2)和(3)计算居民每日通过葡萄摄入的 SO_2 估计量(estimated daily intake, EDI)(单位mg/(kg $m_b \cdot d$))和风险商(risk quotient, RQ)。

$$\text{EDI} = \frac{\sum_{i=1}^n (F_i \times C_i)}{m_b} \quad (2)$$

$$\text{RQ} = \frac{\text{EDI}}{\text{ADI}} \quad (3)$$

式中: F_i 为第*i*类食品的每日消费量/(g/d); C_i 为第*i*类食品中 SO_2 的残留量/(mg/kg); m_b 为成人平均体质量(60 kg); RQ代表食用的风险大小, RQ>1表明存在不可接受的风险, 数值越大, 表明风险越大; RQ<1表明风险可接受, 数值越小, 风险越小; ADI为每日允许摄入量(acceptable daily intake)/(mg/(kg $m_b \cdot d$))。

1.4 数据统计分析

应用Excel 2007软件统计分析数据, 计算平均值和标准偏差并制图。使用SPSS 17软件的方差分析进行差异显著性分析, $P<0.05$ 表示差异显著。

2 结果与分析

2.1 不同运输距离的 SO_2 残留量和膳食风险评估

表1 不同运输距离的葡萄中 SO_2 的残留量和膳食风险评估

Table 1 Dietary risk assessment of sulfur dioxide in Red Globe grapes from different transportation distances

组别	残留检出量/(mg/kg)	EDI/(mg/(kg $m_b \cdot d$))	RQ	最大安全食用量/kg
T1	CK	11.04 ^{aA}	0.197 ^{aA}	3.805 ^{aA}
	短距离	16.53 ^{abAB}	0.295 ^{abAB}	2.541 ^{abAB}
	中距离	25.69 ^{cb}	0.459 ^{cb}	1.635 ^{cb}
	长距离	39.33 ^{dc}	0.702 ^{dc}	1.068 ^{dc}
T2	CK	16.74 ^{abAB}	0.299 ^{abAB}	2.508 ^{abAB}
	短距离	21.18 ^{bcAB}	0.378 ^{bcAB}	1.983 ^{bcAB}
	中距离	14.53 ^{abAB}	0.260 ^{abAB}	2.890 ^{abAB}
	长距离	23.35 ^{bcAB}	0.417 ^{bcAB}	1.799 ^{bcAB}

注: 同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$), 同列不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$), 下同。

如表1所示, 两种保鲜剂处理果实经不同距离运输后 SO_2 检出率为100%, 超标率为0(GB 2760—2014)。在运输前, 两种保鲜剂处理的葡萄果实中 SO_2 的残留量T1组

显著低于T2组($P<0.05$)。经模拟运输后, T1组果实中短距离、中距离和长距离运输后 SO_2 的残留量逐渐增加, SO_2 残留量经中距离和长距离运输后分别增加了132.7%和256.3%, 与运输前相比差异显著($P<0.05$)。T2组短距离运输 SO_2 的残留量增加, 且与运输前相比差异显著($P<0.05$)。陈辰^[18]模拟了不同距离运输对葡萄品质的影响, 结果表明, 随着运输距离的增加, 葡萄的感官品质和好果率逐渐下降。 SO_2 残留量随运输距离增加而升高, 原因可能是葡萄运输受到伤害之后更有利于 SO_2 在果肉中的迁移, 导致残留量增多。

各组RQ小于1(0.197~0.702), 最大安全食用量为2.888 kg, 小于普通人群一天的消费量, 说明 SO_2 摄入量处于安全水平, 不会对消费者的生命安全造成影响。从不同保鲜剂处理来看, T1组在短距离的运输时RQ小于T2组, 但中距离和长距离运输中RQ大于T2组。从不同距离运输处理来看, T1组随着距离的增加RQ逐渐增加, 而T2组RQ先增加后降低再增加。说明RQ不仅受距离的影响, 也受保鲜剂释放速率和功效差异影响。

2.2 不同产地不同批次 SO_2 残留量和膳食风险评估

表2 不同产地不同批次的葡萄中 SO_2 的残留量和膳食风险评估

Table 2 Dietary risk assessment of sulfur dioxide in Red Globe grapes from different producing areas

组别	残留检出量/(mg/kg)	EDI/(mg/(kg $m_b \cdot d$))	RQ	最大安全食用量/kg
涿鹿1#	25.01 ^{deCD}	18.756	0.447	1.679
涿鹿2#	9.12 ^{abAB}	6.840	0.163	4.605
涿鹿3#	13.34 ^{bABC}	10.007	0.238	3.148
涿鹿4#	29.83 ^{ed}	22.370	0.533	1.408
抚宁1#	8.87 ^{abAB}	6.649	0.158	4.738
抚宁2#	15.54 ^{bcdBC}	11.652	0.277	2.703
烟台1#	14.61 ^{bcABC}	10.956	0.261	2.875
烟台2#	14.54 ^{bcABC}	10.906	0.260	2.888
烟台3#	32.44 ^{ed}	24.333	0.579	1.295
新疆1#	15.27 ^{bcdBC}	11.454	0.273	2.750
新疆2#	24.17 ^{bcdCD}	18.130	0.432	1.737
加州1#	12.46 ^{bABC}	9.342	0.222	3.372
秘鲁1#	9.82 ^{abAB}	7.368	0.175	4.275
秘鲁2#	7.58 ^{abAB}	5.688	0.135	5.538
秘鲁3#	6.96 ^{abAB}	5.221	0.124	6.033

注: 1#~4#不同批次。

如表2所示, 国内外葡萄 SO_2 残留量检出率为100%, 超标率为0, 除了涿鹿2#和抚宁1#的 SO_2 残留量低于10 mg/kg, 其余均高于10 mg/kg(美国FDA标准限量)但低于50 mg/kg(GB 2760—2014)。秘鲁和加州葡萄均检测到 SO_2 残留, 加州果实中 SO_2 残留量为12.46 mg/kg, 秘鲁葡萄均小于10 mg/kg。同一产地不同批次红地球葡萄中 SO_2 残留量差异较大, 如烟台3个批次 SO_2 残留量范围是14.54~32.44 mg/kg, 说明 SO_2 残留受到采摘时间的影响, 但也可能是贮藏条件不同所致。王世军^[23]认为使用 SO_2 气体制剂贮藏葡萄时, 通常 SO_2 残留量

低于我国限量标准,在本实验中所检测的SO₂残留量也都在限量范围内。风险评估结果表明,各组RQ均小于1(0.124~0.579),最大安全食用量达6.03 kg,小于普通人群一天的消费量,SO₂摄入量处于安全水平,不会对消费者生命安全造成影响。

2.3 不同产地不同采收年份的SO₂残留量和膳食风险评估

表3 不同产地不同采收年份的葡萄中SO₂的残留量和膳食风险评估
Table 3 Effects of different harvesting years on the dietary risk of sulfur dioxide in Red Globe grapes

组别	残留检出量/ (mg/kg)	EDI/ (mg/(kg m ₀ ·d))	RQ	最大安全 食用量/kg
蓟县-2016	14.23	10.675	0.254	2.951
蓟县-2017	5.09	3.815	0.091	8.257
张家口-2016	19.50	14.621	0.348	2.154
张家口-2017	5.04	3.781	0.090	8.330
抚宁-2016	11.58	8.681	0.207	3.629
抚宁2017	18.84	14.131	0.336	2.229

选取2016年和2017年两个年份蓟县、张家口市、抚宁市3个产地葡萄进行分析,如表3所示,不同产地同一年份果实SO₂残留量不同,如2016年SO₂残留量最高的是张家口,2017年最高的是抚宁;同一产地不同年份SO₂残留量没有一致的变化规律。各组RQ均小于1(0.090~0.348),最大安全食用量8.33 kg,远小于普通人群日消费量,说明摄入量处于安全水平,不会对消费者的生命安全造成影响。即使是同一个品种的葡萄在不同种植区、不同采收年份、不同采收前气候条件和病害等情况下,葡萄的品质差异较大,品质的差异对SO₂残留量起重要作用,进而影响葡萄的安全性^[24]。

2.4 不同SO₂气体含量脉冲处理不同温度贮藏的SO₂残留量和膳食风险评估

SO₂气体处理可以有效抑制霉菌生长和降低呼吸作用,保持葡萄的影响和风味^[7,25]。入库前采用不同含量SO₂脉冲处理,(0±1)℃或者(20±1)℃贮藏,各组SO₂残留量如表4所示。周江等^[26]用低于1 000 μL/L的SO₂气体处理2 h(每10 d),结果SO₂残留量高于50 mg/kg,然而在本实验中SO₂残留量均小于50 mg/kg,在15 d内的变化趋势普遍为先升高再降低再升高再降低,但不同含量SO₂气体处理达到最大值的时间和强度不同^[27]。除5 000 μL/L SO₂处理第5天和10 000 μL/L SO₂处理第10天SO₂含量是(20±1)℃贮藏略低于(0±1)℃贮藏外,其余(20±1)℃贮藏的SO₂残留量较(0±1)℃更高,SO₂残留量最高出现在(20±1)℃、5 000 μL/L处理的第10天,达到29.067 mg/kg。(0±1)℃贮藏的SO₂残留量最高出现在10 000 μL/L处理的第10天,达到26.393 mg/kg。

各组RQ均小于1(0.125~0.519),属慢性风险,(0±1)℃和(20±1)℃贮藏的最大安全食用量分别为6.009 kg和3.467 kg,均不会对消费者的生命安全造成影响。

表4 不同气体含量脉冲处理的葡萄中SO₂的残留量和膳食风险评估(0、20℃)

Table 4 Dietary risk assessment of sulfur dioxide in Red Globe grapes treated with different gas concentrations (stored at 0 or 20℃)

SO ₂ 含量/ (μL/L)	贮藏 时间/d	残留检出量/ (mg/kg)	EDI/ (mg/(kg m ₀ ·d))	RQ	最大安全食用量/kg
2 500	3	11.70	8.772	0.209	3.591
	5	10.14	7.606	0.181	4.142
	7	17.59	13.196	0.314	2.387
	10	13.31	9.986	0.238	3.155
	15	6.99	5.242	0.125	6.009
5 000	3	9.48	7.108	0.169	4.431
	5	14.53	10.898	0.259	2.890
	7	12.34	9.254	0.220	3.404
	10	13.98	10.482	0.250	3.005
	15	11.82	8.867	0.211	3.553
10 000	3	12.97	9.730	0.232	3.237
	5	7.29	5.464	0.130	5.766
	7	12.99	9.739	0.232	3.234
	10	26.39	19.795	0.471	1.591
	15	10.82	8.115	0.193	3.882

3 讨论

国内外葡萄SO₂的检测率均为100%,说明SO₂类保鲜剂在葡萄贮运中的应用是普遍的^[19],但SO₂残留的检出量差别较大,国内葡萄中SO₂残留量的检测范围是5.04~39.33 mg/kg,国外是6.96~12.46 mg/kg。SO₂残留量受到运输距离和保鲜剂类型的影响,同时,SO₂残留的检出量受批次影响,同一产地不同批次葡萄中SO₂的残留量差异较大。SO₂的残留量还受产地和年份影响,可能与葡萄果实采收后品质有关^[10,18]。SO₂气体熏蒸结合SO₂缓释剂处理的各组SO₂残留量均小于50 mg/kg,说明脉冲SO₂气体处理以及结合缓释剂处理值得在现实生产中进行推广^[28-29]。

根据本实验对红地球葡萄中SO₂膳食风险的评估,各组RQ均小于1,属于慢性风险,最大安全使用量均小于实际使用量,不会影响生命健康,消费者可放心食用^[30],但过量SO₂残留会造成漂白损伤,进而降低葡萄的商品价值。鉴于葡萄贮运中SO₂类保鲜剂的必要性,应鼓励SO₂类保鲜剂在葡萄生产中的登记,敦促有关部门制定SO₂类保鲜剂的合理使用规范,加强SO₂类保鲜剂的应用指导,在鼓励开发新型葡萄保鲜剂的同时,建立健全葡萄配套的冷库、气调等贮运设施,防止SO₂残留量超标造成的食品安全问题的出现。

参考文献:

- [1] 张华云. 葡萄采收保鲜技术及机理研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2002: 1-10. DOI:10.7666/d.y451786.
- [2] 田勇, 修德仁. 影响红地球贮运保鲜主要因素及其调控技术[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2003(5): 29-33. DOI:10.3969/j.issn.1004-7360.2003.05.008.

- [3] 关文强, 冯丽琴, 李丽秀. 红地球葡萄贮藏保鲜技术[J]. 保鲜与加工, 2007(2): 44-47.
- [4] 关文强, 张华云, 修德仁, 等. 玫瑰香葡萄贮藏环境气体阈值和极值的研究[J]. 食品科学, 2002, 23(3): 135-138. DOI:10.3321/j.issn:1002-6630.2002.03.037.
- [5] 安红梅, 关文强, 刘兴华, 等. 红地球葡萄贮藏效果预测因子初探[J]. 中国农学通报, 2007, 23(9): 176-180. DOI:10.3969/j.issn.1000-6850.2007.09.040.
- [6] 赵飞, 张平, 朱志强, 等. SO_2 气态熏蒸结合固态缓释保鲜剂处理对红地球葡萄贮藏品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2013, 39(12): 182-186. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.2013.12.031.
- [7] MUSTONEON H M. The efficiency of range of sulfur dioxide generating quality of Calmeria table grapes[J]. Australian Journal of Experimental Agriculture, 1992, 32: 389-393. DOI:10.1071/ea9920389.
- [8] SMILANICK J L, HENSON D J. Minimum gaseous sulphur dioxide concentrations and exposure periods to control *Botrytis cinerea*[J]. Crop Protection, 1992, 11(6): 535-540. DOI:10.1016/0261-2194(92)90171-Z.
- [9] GUNNISON A F, JACOBSEN D W. Sulfite hypersensitivity. a critical review[J]. CRC Critical Review in Toxicology, 1987, 17(3): 185-214. DOI:10.3109/10408448709071208.
- [10] Anonymous. GRAS status of sulfiting agents for use on fresh and frozen foods revoked[J]. Federal Register, 1986, 51(9): 25021.
- [11] 国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品添加剂使用标准: GB 2760—2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
- [12] 田金强, 张子德, 陈志周. 红提葡萄贮藏保鲜过程中 SO_2 伤害的防止技术研究[J]. 食品科学, 2006, 27(1): 250-252. DOI:10.3321/j.issn:1002-6630.2006.01.060.
- [13] 白剑英. 食品添加剂亚硫酸盐的研究进展[J]. 环境与职业医学, 2007, 24(4): 431-434. DOI:10.3969/j.issn.1006-3617.2007.04.022.
- [14] 张艳艳, 邓婧, 伍鹏兮. 亚硫酸盐在食品加工领域中的应用研究[J]. 食品工业, 2016, 37(11): 211-214.
- [15] 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 SO_2 残留量的影响[J]. 保鲜与加工, 2014, 14(5): 8-13. DOI:10.3969/j.issn.1009-6221.2014.05.002.
- [16] 朱志强, 张平, 高凯. 葡萄贮藏保鲜库管理关键技术[J]. 保鲜与加工, 2011, 11(6): 52-54. DOI:10.3969/j.issn.1009-6221.2011.06.015.
- [17] 张平, 田海龙, 崔亚东, 等. 塑料薄膜和箱式气调对巨峰葡萄贮藏品质和采后生理影响的研究[J]. 保鲜与加工, 2012, 12(2): 14-19; 23. DOI:10.3969/j.issn.1009-6221.2012.02.004.
- [18] 陈辰. 物流过程中鲜食葡萄品质的研究[D]. 天津: 天津商业大学, 2016: 8-15.
- [19] 国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中亚硫酸盐的测定: GB 5009.34—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [20] 胡桂仙, 赖爱萍, 袁玉伟, 等. 消费者膳食中二氧化硫残留的累积性风险评估[J]. 中国农业科学, 2017, 50(7): 1317-1325. DOI:10.3864/j.issn.0578-1752.2017.07.014.
- [21] World Health Organization. Evaluations of the Joint FAO/WHO Expert Committee on food additives(JECFA)[EB/OL]. [2018-12-01]. <http://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/chemical.aspx?chemID=985>.
- [22] 尹洁, 朱军莉, 励建荣. 食品中二氧化硫的来源与检测方法[J]. 食品科技, 2009, 34(11): 292-296.
- [23] 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.
- [24] 牛哲宏. 葡萄保鲜技术的应用与效果[J]. 天津农业科学, 1993(2): 29-30.
- [25] 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, 30(2): 275-281. DOI:10.11869/j.issn.100-8551.2016.02.0275.
- [26] 周江, 魏佳, 张辉, 等. 二氧化硫(SO_2)间歇熏蒸对红地球葡萄贮藏品质的影响[J]. 食品科技, 2015, 40(12): 295-299.
- [27] 高海燕, 刘邻渭. 葡萄采后贮运中 SO_2 伤害的研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2005, 31(5): 153-157. DOI:10.3321/j.issn:0253-990X.2005.05.038.
- [28] 赵飞, 朱志强, 张平, 等. 不同 SO_2 伤害对红地球葡萄货架期品质的影响[J]. 食品工业科技, 2014, 35(3): 322-325; 350.
- [29] 葛毅强, 叶强, 张维一. 鲜食葡萄采后 SO_2 熏蒸及检测方法的评述[J]. 食品科学, 1997, 18(4): 59-61. DOI:10.3969/j.issn.1000-2561.2014.02.031.
- [30] 王艳红, 安宇, 张敏, 等. 人参中二氧化硫残留分析与健康风险评估[J]. 食品科学, 2015, 36(24): 214-219. DOI:10.7506/spkx.1002-6630-201524040.