

姚 军,耿新丽,郑贺云,等. 新疆哈密瓜冷链物流体系温湿度监控及保鲜调控[J]. 江苏农业科学,2018,46(15):158-161.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.15.043

新疆哈密瓜冷链物流体系温湿度监控及保鲜调控

姚 军,耿新丽,郑贺云,再吐娜·买买提,张翠环,廖新福

(新疆维吾尔自治区葡萄瓜果研究所,新疆鄯善 838200)

摘要:对新疆哈密瓜冷链运输过程在冷藏车不同部位的温湿度进行跟踪监控,并研究保鲜剂调控对冷链运输货架期的影响,确定冷藏车不同部位的温湿度阈值,监控冷藏车是否全程冷链及保鲜剂结合冷链运输对哈密瓜货架期的影响。采用温湿度测定仪对冷藏车不同部位的温湿度进行监控,以 1-甲基环丙烯(1-methylcyclopropene,简称 1-MCP)保鲜剂熏蒸对哈密瓜进行保鲜处理,并对哈密瓜货架期的腐烂率、失质量率、果肉硬度、乙烯释放量、呼吸速率进行测定。结果表明,在冷链运输过程中,温度变化波动较大,受人为控制因素影响严重;湿度变化平缓,受外界因素的影响较弱;最终前下部进风口处温度最低,中部温度最高;采用 1-MCP 保鲜剂处理可以延长哈密瓜的货架期,降低水分散失,延缓果肉硬度下降,推迟乙烯和二氧化碳的释放。在冷链运输过程中温湿度控制受主观因素的影响较为严重,加大监管力度是非常有必要的;采用 1-MCP 保鲜剂处理结合冷链运输可以延长哈密瓜发生腐烂的时间 4~6 d,延长哈密瓜的后熟时间,提高哈密瓜的品质。

关键词:新疆哈密瓜;冷链物流;温湿度监控;1-甲基环丙烯(MCP);货架期保鲜调控

中图分类号: S652.109+.3;TS255.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)15-0158-04

冷链物流泛指冷藏冷冻类食品在生产、加工、贮藏、运输和销售等环节始终处于规定的低温环境下,以保障食品质量的特殊供应链系统^[1]。我国的冷链运输业起步较晚,发展水平较低。目前我国每年消费将近 10 亿 t 易腐食品,其中超过 50% 的易腐食品须要冷链运输,但只有 10% 左右能够实现冷链运输^[2]。据专家估计,我国易腐食品在流通环节中的损失率高达 25%~30%^[3]。相关资料显示,发达国家肉禽、果蔬冷链流通率分别为 100%、95%,而我国仅为 15%、5%^[4]。冷链物流是保障果蔬品质安全的关键,而物流运输监测是其中较为薄弱的环节^[5]。完善我国冷链物流体系的管理和监督工作已成为当今社会亟须解决的焦点问题^[6-7]。

现阶段国内外学者在冷链物流控制技术方面做了大量研究,国外学者研究了冷藏冷冻各项技术的实现方法和手段^[8-9];国内学者探索了射频识别(radio frequency identification,简称 RFID)、全球定位系统(global positioning system,简称 GPS)和温控管理系统等先进技术在冷链物流方面的运用^[10-11],以及由此衍生的无线传感器网络(wireless sensor networks,简称 WSN)^[12]水产品冷链实施监控、iButton-DS1923 温湿度跟踪^[13]、CvaR 果蔬冷链风险控制^[14]、Zigbee 果蔬环境信息监测^[15]等新系统。只注重系统,而忽略了温湿度控制对果蔬品质的影响。在现实生产中温湿度变化影响果蔬品质的现象仍然很严重,而果蔬在冷链运输过程中的温湿度变化与果蔬品质之间的关系鲜有报道。在果

蔬冷链运输过程中,温湿度决定果蔬的品质,温湿度过高或过低均会导致果蔬口感等变差,从而使果蔬品质降低甚至变质^[16]。本研究以新疆哈密瓜为研究对象,全程监控哈密瓜冷链运输过程中冷藏车不同部位温湿度的变化情况,以及不同部位放置的哈密瓜货架期变化情况,为新疆哈密瓜冷链物流系统的研究提供可靠资料,并将 1-甲基环丙烯(1-methylcyclopropene,简称 1-MCP)保鲜剂处理与冷链相结合,以期达到减少哈密瓜的腐烂率、延长货架期、提高哈密瓜产业竞争优势的作用。

1 材料与方法

1.1 材料的选取

试验用哈密瓜品种为西州密 25 号,于 2016 年 7 月 21 日采自新疆五家渠市 103 团十连,果实无病害及机械损伤,单瓜质量在 2.5 kg 左右,采用无损测糖仪筛选出可溶性固形物含量为(15±1)%的果实,以确保甜瓜的一致性。试验哈密瓜经处理后,于 7 月 22 日装入冷藏车运输,至 25 日到达上海。

1.2 主要仪器与试剂

主要仪器有 K-BA100R 无损测糖仪、GY-4 数显水果硬度计(浙江托普仪器有限公司)、EL-USB-2 温湿度记录仪(江苏省精创电气股份有限公司)、TEL700 型便携式二氧化碳测定仪、DR95C-C2H4 乙烯测定仪(深圳市沃赛特科技有限公司)。

1.3 试验材料处理

每 60 个哈密瓜为 1 组,分为 5 个组,共计 300 个哈密瓜。冷藏车的码垛层数为 10 层,1 组放入冷藏车前部下方第 3 层,记作 A 处;1 组放入前部上方第 8 层,记作 B 处;1 组放入冷藏车中部第 5 层,记作 C 处;1 组放入冷藏车后部下方第 3 层,记作 D 处;1 组放入冷藏车后部上方第 8 层,记作 E 处;其中,B 处哈密瓜经过 1-MCP 保鲜剂密闭熏蒸 12 h。每个处

收稿日期:2017-03-03

基金项目:国家西甜瓜产业技术体系专项(编号:CARS-25-10B);

新疆维吾尔自治区科技支疆项目(编号:2016E02090)。

作者简介:姚 军(1978—),男,四川遂宁人,硕士,农艺师,研究方向为农产品贮藏与加工。E-mail:yaojun1022@sohu.com。

通信作者:廖新福,硕士,研究员,硕士生导师,研究方向为西甜瓜育种和贮藏技术。E-mail:lx3838@163.com。

理的相同位置放置温湿度记录仪,每 2 min 记录 1 次数据。待哈密瓜经冷藏车运输到目的地后,取出,并放入 25 ℃ 的常温环境下进行货架期观测,每隔 1 d 测定 1 次可溶性固形物含量、失质量率、果肉硬度、乙烯释放量、呼吸速率,并记录其腐烂率。当腐烂率小于 50% 的时候终止试验。

1.4 试验测定方法

1.4.1 可溶性固形物含量 采用 K-BA100R 型无损测糖仪对每个处理的 30 个单瓜进行可溶性固形物含量的测定。

1.4.2 果实腐烂率 对每个处理的 30 个哈密瓜进行果实腐烂率的测定,果实腐烂率 = 腐烂果实数量/总果数量 × 100%。

1.4.3 失质量率 对每个处理的 30 个哈密瓜采用称质量法进行失质量率的测定,失质量率 = (初始质量 - 贮藏后质量)/初始质量 × 100%。

1.4.4 果肉硬度 每次取 5 个哈密瓜利用 GY-4 型数显式水果硬度计进行果肉硬度^[17]的测定。

1.4.5 乙烯释放量的测定方法 将哈密瓜装入有机玻璃罐内,用凡士林密封盖边缘,密闭 3 h 后将乙烯测定仪测试端伸入桶内测定哈密瓜释放的乙烯含量(c_1),测定单瓜的体积记作 V_1 ,测定塑料桶体积记作 V_0 。

乙烯释放量 = $c_1 \times (V_0 - V_1) / \text{样品鲜质量} \times t$ 。

式中: t 表示密闭时间。

1.4.6 呼吸速率测定 将哈密瓜装入有机玻璃罐内,并打开红外呼吸速率测定仪,放入罐内,用凡士林密封盖边缘,密闭 3 h 后读数得二氧化碳释放量(c_2),测定单瓜的体积记作 V_1 ,测定塑料桶体积记作 V_0 。

呼吸速率 = $c_2 \times (V_0 - V_1) / \text{样品鲜质量} \times t$ 。

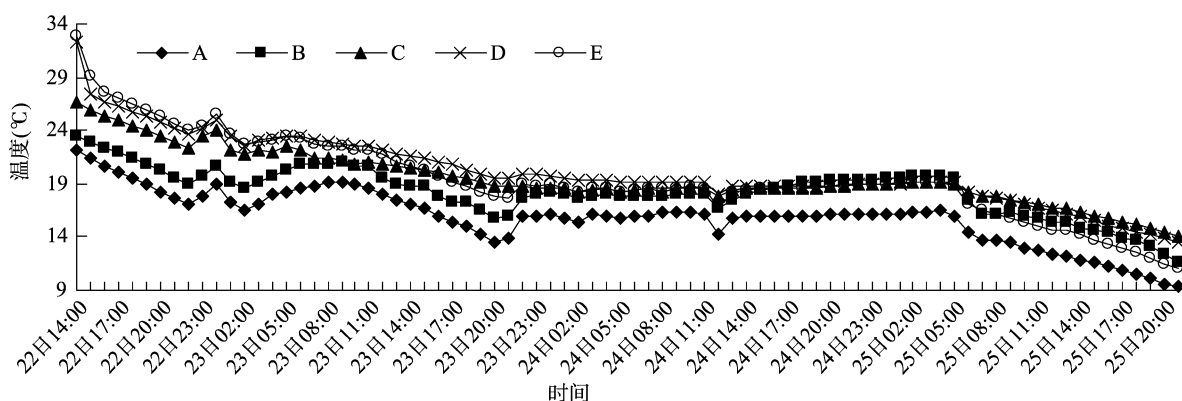


图1 哈密瓜冷链运输过程中冷藏车不同部位温度变化趋势

2.2 哈密瓜冷链运输过程中冷藏车不同部位湿度变化情况

由图 2 可知,前期湿度均呈整体升高趋势,23 日 00:00 和 23 日 06:00 至 23 日 10:00 各部位湿度均出现降低的情况,其他时间点湿度平稳升高。由于湿度变化受外界因素的影响较小,说明货运司机没有任意打开冷藏车车门的现象。对比冷藏车不同部位的湿度变化情况,车前部 A 处的湿度整体较其他部位大,前期各部位湿度值表现为 $A > C > B > D$,后期 A、C 部位湿度逐渐接近,B、D 部位湿度逐渐接近。

2.3 冷藏车不同部位摆放及保鲜剂处理对哈密瓜货架期腐烂率的影响

由图 3 可知,采收后 7 d,冷藏车的 A、C、D 处出现了不同程度的腐烂,且 A 处的腐烂率高于 C、D 处;采收后 9 d,B 处

2 结果与分析

2.1 哈密瓜冷链运输过程中冷藏车不同部位温度变化情况

由图 1 可知,从 7 月 22 日 14:00 装车至 23 日 20:00 冷藏车 A 处的温度整体呈下降趋势,23 日 20:00 温度下降至最低,为 13.5 ℃,从 23 日 23:00 之后至 25 日 05:00 温度升高后趋于平稳,温度整体保持在 16 ~ 19 ℃,其中在 24 日 12:00 出现了温度迅速降低后又缓慢升高的现象,从 25 日 06:00 至 25 日 21:00 到达上海,温度呈逐渐下降的趋势,最终趋于 8 ℃ 的理想冷藏温度。

由整个冷链过程中温度变化可以看出,前期为了降低果实的田间热,冷藏车一直持续打冷,但到了 23 日夜間外部气温降低时,冷藏车有停止制冷装备或调高制冷设备温度导致温度回升现象,24 日 12:00 外部气温逐渐升高,冷藏车又开始正常工作 2 h,前部下方的温度迅速降低至 14.2 ℃ 后又开始回升。25 日 06:00 之后冷藏车一直持续制冷,目的是能在到达运输终点时达到哈密瓜冷链需要的温度。所以在整个冷链运输的过程中,温度受人为因素影响较严重,货运司机为了降低成本有降低制冷设备工作效率的行为,这严重影响了哈密瓜冷链运输的品质。

对比冷藏车不同部位的温度变化情况,车前部出风口 A 处的温度始终较其他部位低,前期各部位温度由低到高依次表现为 $A < B < C < D < E$,中期 B、C、D、E 各部位温度逐渐接近,中部 C 的温度逐渐升高,后期各部位温度由低到高依次表现为 $A < E < B < D < C$,最终中部 C 处温度最高。

的腐烂率为 0,而 A、C、D 等 3 处腐烂率仍然表现为 $A > C > D$;采收后 11 d,B 处出现腐烂,且 B 处的腐烂率低于冷藏车未保鲜剂处理的前、中、后部的腐烂率。通过腐烂率可以看出,冷藏车的前、中、后部的湿度与腐烂率存在正相关关系,表现为湿度越大腐烂率越高。通过对比冷链运输中采用保鲜剂处理与不同部位未保鲜剂处理的哈密瓜腐烂率可知,保鲜剂处理可以延长哈密瓜发生腐烂的时间 4 ~ 6 d。

2.4 冷藏车不同部位摆放及保鲜剂处理对哈密瓜货架期失质量率的影响

由图 4 可知,随着货架期天数的增加,冷链运输后哈密瓜的失质量率呈逐渐升高的趋势。对比冷藏车 A、C、D 处的失质量率,中部摆放 C 处的失质量率高于前后部 A、D 处;采用

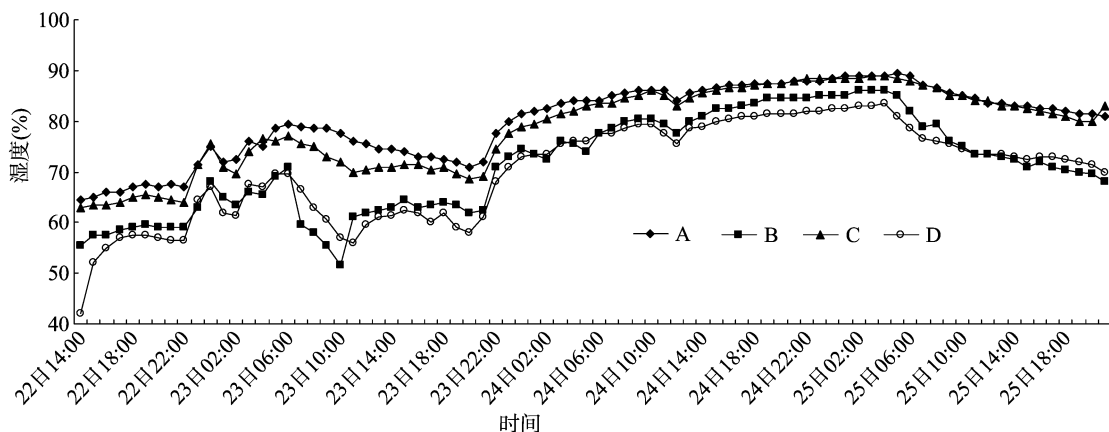


图2 哈密瓜冷链运输过程中冷藏车不同部位湿度变化趋势

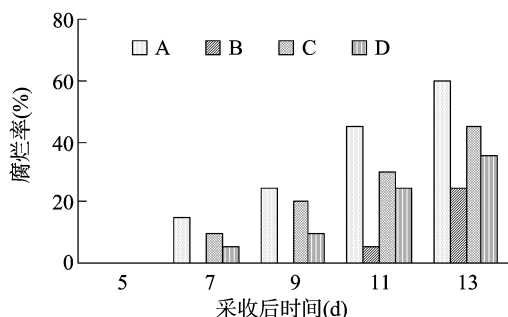


图3 冷藏车不同部位摆放及保鲜剂处理对哈密瓜货架期腐烂率的影响

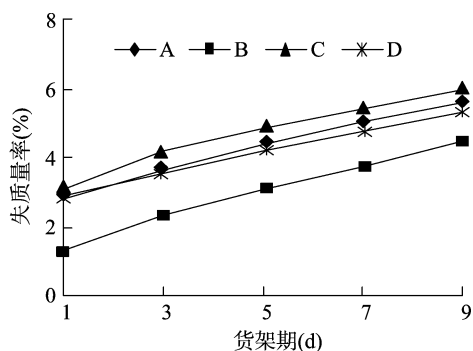
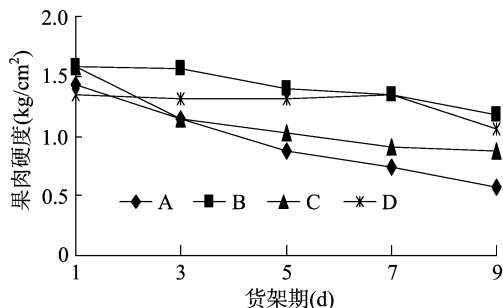


图4 冷藏车不同部位摆放及保鲜剂处理对货架期失质量率的影响

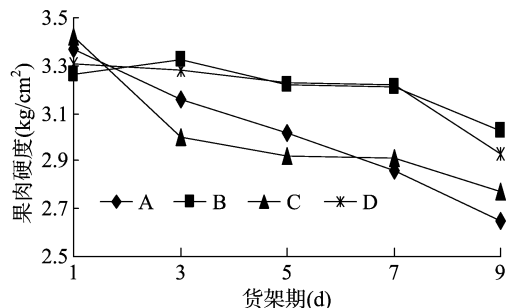
保鲜处理的 B 处哈密瓜失质量率明显低于未经保鲜处理的 A、C、D 处。

2.5 冷藏车不同部位摆放及保鲜剂处理对哈密瓜货架期果肉硬度的影响

由图 5 可知,冷链运输后哈密瓜无论是距果皮 0.5 cm 还



a.距果皮 2.5 cm 处的果肉硬度



b.距果皮 0.5 cm 处的果肉硬度

图5 冷藏车不同部位摆放及保鲜剂处理对货架期果肉硬度的影响

2.6 哈密瓜冷链过程中保鲜剂处理对哈密瓜货架期乙烯释放量的影响

由图 6 可知,随着货架期天数的增加,冷藏车前部 B 处的乙烯释放量呈先升高后降低的趋势,而冷藏车前部 A 处的乙烯释放量呈逐渐降低的趋势,可能是在对 A 处哈密瓜进行货架期测定,乙烯释放量的峰值已经完成,而经保鲜剂处理 B 处哈密瓜的乙烯释放高峰延迟出现,这与姚军等在冷库模拟冷藏车预冷方式的研究中得到的结果一致,间歇性预冷乙烯释放的高峰期比持续性预冷的高峰期提前了 6 d^[19]。经保鲜剂处理的 B 处哈密瓜乙烯释放量明显低于未使用保鲜剂处理的 A 处哈密瓜。说明保鲜剂处理能明显减少乙烯的释放

是 2.5 cm 处果实硬度整体呈下降趋势,这与阿衣古丽·阿力木等研究得到的不同品种哈密瓜的硬度变化结果^[18]相一致。经运输后,冷藏车 A 处的果肉硬度低于 C、D 处;保鲜剂处理的 B 处哈密瓜硬度明显高于未经保鲜剂处理 A、C、D 处。

量和延缓乙烯释放的高峰期。

2.7 哈密瓜冷链运输过程中保鲜剂处理对哈密瓜货架期呼吸速率的影响

由图 7 可知,随着货架期天数的增加,冷藏车前部 A、B 处哈密瓜的呼吸速率均呈先升高后降低的趋势,均在采收后 8 d(即货架期第 4 天)达到峰值,且经保鲜剂处理的 B 处呼吸速率明显低于未经保鲜剂处理的 A 处。说明采用保鲜剂处理能够明显降低哈密瓜呼吸速率。

3 讨论与结论

通过温湿度仪对冷链运输过程中不同部位温度的跟踪检

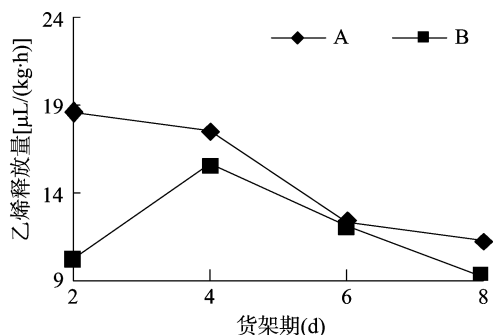


图6 冷藏车内保鲜剂处理对哈密瓜货架期乙烯释放量的影响

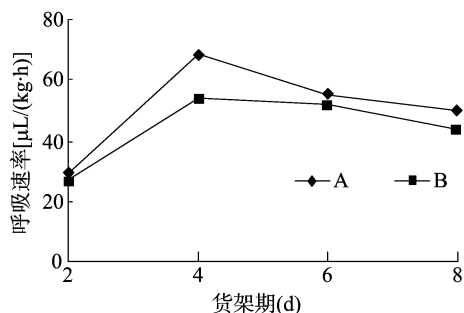


图7 冷藏车内保鲜剂处理对哈密瓜货架期呼吸速率的影响

测可知,温度在运输过程中波动较大,人为控制因素占主要地位,因此,加大对冷链运输的监管力度是非常有必要的。对比冷藏车不同部位温度可知,中部 C 处是温度最高的区域,前下部出风口 A 处是温度的最低区域,这 2 处的温度可以为温度监控阈值的确定提供依据。

通过温湿度仪对冷链运输过程中冷藏车不同部位湿度的跟踪检测可知,湿度在运输过程中波动相对较平缓。对比冷藏车不同部位湿度可知,前下部 A 处湿度最高,随着运输时间的延长,中部 C 处的湿度整体升高最终接近 A 处。而通过货架期的数据来看,冷链运输中的湿度与腐烂率存在一定的关系,湿度越大腐烂越严重,因此控制冷链运输的湿度环境显得尤为重要。

采用 1-MCP 保鲜剂处理可以延长哈密瓜发生腐烂的时间 4~6 d,降低哈密瓜的水分散失,减少失质量率,延缓果肉硬度的下降,这与杜娟等在不同哈密瓜品种货架期评价中的结果^[20]一致。同时,1-MCP 保鲜剂处理能够降低和推迟乙烯和二氧化碳的释放^[21],延长哈密瓜的后熟时间,提高哈密瓜货架期的品质,减少瓜商的损失,增加农民的收入。

本研究采用温湿度记录仪监控冷藏车在哈密瓜运输过程中不同部位湿湿度的变化情况,发现温度受人为控制因素影响严重;湿度与哈密瓜腐烂情况密切相关;采用保鲜剂处理可延长哈密瓜货架期、减少失质量率、延缓果肉硬度下降等。这些结果可为新疆哈密瓜冷链物流的改良和完善提供参考。但现阶段新疆哈密瓜冷链物流并不完善,如何通过控温控湿来提高哈密瓜冷链物流的品质,以及应用其他辅助措施延长哈

密瓜的货架期值得进一步研究和探讨。

参考文献:

- [1] 金盛楠,肖更生,张友胜,等. 冷链物流分析及其在食品中的应用现状[J]. 现代食品科技,2008,24(10):1031-1035.
- [2] 王燕芳,李学工. 发达国家冷链物流标准化经验及借鉴[J]. 农业展望,2014(4):75-79.
- [3] 汪晓光. 我国农产品冷链运输装备技术现状与发展趋势[J]. 农业工程,2013(2):40-42.
- [4] 王红梅. 我国生鲜农产品冷链物流发展问题研究[J]. 农业经济,2016(2):132-133.
- [5] 潘金珠,王兴元,朱效刚,等. 基于物联网的冷链物流监测系统的设计[J]. 物联网技术,2014(9):20-21,24.
- [6] 迟成. 基于 ARM 的嵌入式果蔬冷藏保鲜运输车监测系统研究[D]. 天津:天津科技大学,2011.
- [7] 赵晓峰. 基于 ARM 的农产品冷藏车环境监控系统研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2010.
- [8] Bhattacharyya R, Floerkemeier C, Sarma S, et al. RFID tag antenna based temperature sensing [C]// Proceedings of the IEEE International Conference on RFID,2010:126-133.
- [9] Shabani A, Saen R F, Torabipour S R. A new bench marking approach in cold chain[J]. Applied Mathematical Modelling,2012,36(1):212-224.
- [10] 史良. 基于 GPS/RFID 的冷链运输车辆监控系统设计与研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学,2011.
- [11] 赵长青,傅泽田,刘雪,等. 食品冷链运输中温度监控与预警系统[J]. 微计算机信息,2010,26(17):27-28.
- [12] 齐林,韩玉冰,张小栓,等. 基于 WSN 的水产品冷链物流实时监测系统[J]. 农业机械学报,2012,43(8):134-140.
- [13] 李培江,尤婷. 基于 iButton-DS1923 的冷链温湿度跟踪记录系统[J]. 机电工程,2009,26(10):67-69.
- [14] 王林,朱梦蝶. 基于 CVaR 的果蔬冷链风险控制研究[J]. 物流技术,2016,35(5):126-129.
- [15] 郭斌. 基于 Zigbee 的果蔬冷链车载环境信息监测系统的研究和实现[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学,2010.
- [16] 刘运杰. 基于 STM32W108 单片机温湿度监测系统的设计与实现[D]. 青岛:青岛理工大学,2012:1-2.
- [17] 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,2007:22-24.
- [18] 阿衣古丽·阿力木,郭殿卿,董成虎,等. 不同品种的甜瓜在贮藏过程中生理及品质变化的研究[J]. 保鲜与加工,2012,12(2):32-35.
- [19] 姚军,徐畅,耿新丽,等. 持续性预冷和间歇性预冷对哈密瓜货架期的影响[J]. 中国瓜菜,2016,29(3):29-31.
- [20] 杜娟,廖新福,张敏,等. 不同长途运输方式下不同品种的哈密瓜货架期评价[J]. 农产品加工·学刊,2014(13):18-20.
- [21] 曹森,王瑞,刘莹,等. 基于主成分分析的 1-MCP 处理对艳红桃货架期品质的影响[J]. 江苏农业学报,2017,33(1):197-203.