

猕猴桃储藏过程中品质变化的模拟预测

马亚红, 蔡锦凡, 范小娇, 邢卓

(西京学院信息工程学院, 陕西西安 710123)

摘要: 为了延长猕猴桃的储藏时间, 保证其新鲜度, 需要对猕猴桃储藏过程中各品质的变化情况进行分析, 因此对猕猴桃储藏过程中品质变化情况进行模拟预测。构建基于红外光谱的品质变化分析模型, 根据该模型获取猕猴桃品质变化预测数据, 同时, 建立猕猴桃失重率的储藏期预测模型, 依据该模型获得猕猴桃在储藏过程中的失重率和最佳货架期。在此基础上, 最终得出猕猴桃储藏过程中各品质的变化规律。实验结果表明, 运用所设计预测模型得出的储藏过程中猕猴桃各项品质变化值与实际值之间差距较小, 其中, 猕猴桃样本硬度的预测相关系数是 0.806, 预测均方根误差是 1.112, 预测结果符合有效性标准, 说明所提模型能够实现猕猴桃储藏过程中各项品质变化的有效预测, 该模型具有实际应用性。

关键词: 猕猴桃; 品质变化; 红外光谱; 预测数据; 失重率; 储藏温度

文章编号: 1673-9078(2019)05-253-258

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2019.5.035

Study on Quality Change Model of Kiwifruit during Storage

MA Ya-hong, CAI Jin-fan, FAN Xiao-jiao, XING Zhuo

(School of Information Engineering, Xijing University, Xi'an 710123, China)

Abstract: In order to prolong the storage time of kiwifruit and ensure its freshness, it is necessary to analyze the quality changes of kiwifruit during storage. The quality changes of kiwifruit during storage are simulated and predicted in this work. A quality change analysis model based on infrared spectroscopy was constructed. According to the model, the quality change prediction data of kiwifruit were obtained. The storage period prediction model of weight loss rate of kiwifruit was also established. According to the model, the weight loss rate and the best shelf life of kiwifruit during storage were obtained. Furthermore, the change rule of quality of kiwifruit during storage was finally obtained. The results showed that there was a small gap between the quality change value and the actual value of kiwifruit during storage by using the designed prediction model. Among them, the predicted correlation coefficient of kiwifruit sample hardness is 0.806, and the predicted root mean square error is 1.112. The predicted results met the validity criteria, which showed that the proposed model can achieve the validity of the quality change of kiwifruit during storage. The model has potential practical application.

Key words: kiwi; quality change; infrared spectrum; forecast data; the rate of weightlessness; storage temperature

猕猴桃 (*Actinidia chinensis* Planch), 又名奇异果, 是二十世纪人工栽培水果领域中效果最显著的品种之一。猕猴桃的果形一般为椭圆状, 前期外观呈绿褐色, 成熟后呈红褐色, 表皮覆盖浓密绒毛, 果肉可食用, 果皮内是呈亮绿色的果肉和一排黑色或者红色的种子^[1]。刚采摘的猕猴桃果肉偏硬, 味道较酸, 储藏一段时间之后果肉会随着时间的推移而柔软甘甜^[2,3]。猕猴桃富含大量 Vc, 能够满足人体所需, 受到人们的喜爱, 同时, 因其具有经济收益快的特点而被大量种植。作为一种营养价值较高且经济效益较好的水果, 却在实际运输或储藏过程中, 由于储藏条件的问题导致果实腐烂的现象, 因此怎样合理储藏猕猴桃、掌握猕猴桃

存储过程中品质变化情况至关重要^[4]。

目前, 一些学者与相关研究人员已经对猕猴桃储藏过程中品质变化情况进行了研究, 并针对猕猴桃的品质变化情况提出了相应的保鲜技术, 但是随着经济发展, 人们对食品的新鲜度要求越来越高, 因此必须进一步对猕猴桃在储藏过程中的品质变化进行研究, 以此来满足人们的实际需求。

本文对猕猴桃储藏过程中品质的变化进行模拟预测, 以猕猴桃失重率变化、猕猴桃硬度的变化、猕猴桃可溶性固形物含量变化、猕猴桃总酸含量变化以及猕猴桃活性物质变化情况为指标对猕猴桃在储藏过程中品质变化的规律进行实验分析, 探索在储藏温度不同的条件下猕猴桃果实主要品质指标的变化规律。分析实验结果可知, 采用本文模型预测得到猕猴桃样本各种指标预测值符合有效性标准, 与实际值之间差距合理, 所以本文模型可以有效对猕猴桃储藏过程中品

收稿日期: 2019-01-14

基金项目: 陕西省创新能力支撑计划项目 (2018KJXX-095); 陕西省教育厅专项科研计划项目 (17JK1155)

作者简介: 马亚红 (1982-), 女, 博士, 副教授, 研究方向: 电磁生物效应

质变化状况进行有效预测,说明该模型可以为猕猴桃储藏时间以及储藏条件的调整提供科学的理论依据与实践经验^[5,6]。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

实验样本:实验选用了中华猕猴桃品种红阳果实 98 个,于 2018 年 9 月 30 日采自江苏省江都市南山聚猕猴桃果园,其中 66 个作为校正集,32 个作为预测集。选用大小均匀、没有病虫害、外形完整、成熟度一致的猕猴桃作为实验样本,分为两组在不同温度下储藏,记录样本的相关数值。

测量器械:CMT5504 万能实验机;MPA 型傅里叶变换近红外光谱器^[7];TGL-16A 台式高速冷冻离心机;JJ-2 型组织捣碎机;GY-4 数显果实硬度计。

1.2 测定方法

1.2.1 基于红外光谱的品质变化分析模型

测定样品的 SSC 值(可溶性固形物含量)、pH(总酸)值与硬度^[8]:猕猴桃近红外漫反射光谱通过傅里叶变换近红外光谱器获取,扫描 30 次,分辨率为 8 cm⁻¹;扫描范围是 12000~4000 cm⁻¹波数;样品检测周期为 2 d,通过近红外光谱仪获取猕猴桃的漫反射光谱,给出猕猴桃的近红外漫反射光谱如图 1 所示。采用定量分析软件 Unscrambler 处理获取的光谱数据^[9,10];品质变化预测数据通过 Origin 8.0 软件获取^[11]。

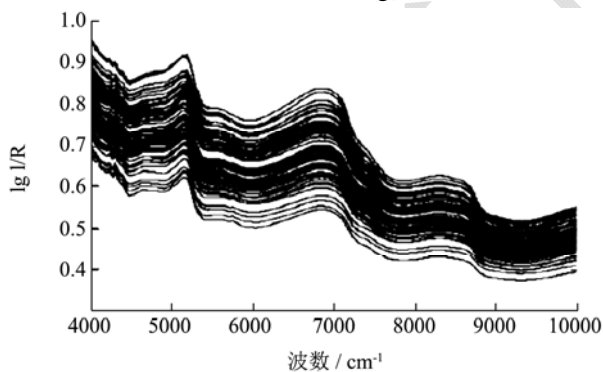


图 1 猕猴桃的近红外漫反射光谱

Fig.1 Near infrared spectroscopy of Kiwifruit

通过 pH 计检测样品 pH 值。通过果实硬度测量仪检测猕猴桃硬度。样本去皮搅碎后通过分光光度法测量样本的 CAT 酶(过氧化氢酶)活性、POD(过氧化物酶)活性与 SOD(超氧化物歧化酶)活性。

通过校准集样品的校准正相关系数(t_c)、校正均方根误差 $BTSIT$ 、预测集样本的预测相关系数(t_b)和预测均方根误差 $BTSIB$ 研究模型性能。 $BTSIT$ 和 $BTSIB$ 会

随着(t_c)和(t_b)增大而减小, $BTSIT$ 值、 $BTSIB$ 值越小模型效果好。 $BTSIT$ 值、 $BTSIB$ 值具体计算方法为:

$$BTSIT = \sqrt{\frac{1}{a_o} \sum_{x=1}^N (\hat{j}_x - j_x)^2} \quad (1)$$

$$BTSIB = \sqrt{\frac{1}{a_b} \sum_{x=1}^N (\hat{j}_x - j_x)^2} \quad (2)$$

其中:校正集是 a_o ; 预测集中的样本数是 a_b ; 校正集和预测集中第 x 个样本的预测值和测量值分别用 \hat{j}_x 和 j_x 描述。

基于红外光谱的品质变化分析模型仅能分析猕猴桃的 SSC 值、pH 值、硬度和活性等表面情况,无法分析储藏期猕猴桃的失重率情况,因此采用猕猴桃失重率的储藏期预测模型,通过过重量法测量猕猴桃样本的失重率,并且依据失重率获取储藏期猕猴桃的最佳货架期。

1.2.2 猕猴桃失重率的储藏期预测模型

猕猴桃失重率与储藏时间有较好的线性关系^[12],为获取猕猴桃的最佳储藏时间,应先获取猕猴桃失重率,采用过重量法测量猕猴桃样本失重率,设置猕猴桃实验样本的原始质量和实际记录时样本质量分别是 H_0 和 H ,则通过重量法测量实验样本的失重率 E ,为:

$$E = \frac{H_0 - H}{H_0} \times 100\% \quad (3)$$

猕猴桃失重率符合零级动力学模型^[13,14],则依据上述公式获取的失重率得到猕猴桃最佳货架期公式为下式^[15]:

$$\lambda = E \times 10^{-5} \exp(-3789.236/W) \quad (4)$$

其中: λ 为猕猴桃的储藏时间, W 为绝对温度。

1.2.3 数据统计分析

在储藏过程中猕猴桃的不同品质具有不同的变化特征以及数值变化范围,运用主成分分析方法,得出猕猴桃储藏过程中各品质指标初始数据,如表 1。

表 1 猕猴桃储藏过程中各品质指标初始数据分析

Table 1 Initial data analysis of quality indexes of Kiwifruit during storage

指标	初始值		
	特征值	方差贡献率	累积贡献率
可溶性固形物含量 (SSC)	4.3	46.3	48.5
pH	1.2	14.9	60.8
硬度	1.5	12.9	75.0
失重率	0.7	10.2	84.7
总酸含量	0.6	6.5	91.1
CAT 酶活性	0.4	4.2	94.9
POD 活性	0.5	0.5	98.9
SOD 活性	0.2	0.2	101.1

综上所述, 本文构建了基于红外光谱的品质变化分析模型、猕猴桃失重率的储藏期预测模型, 并对猕猴桃储藏过程中各品质指标初始值进行了分析, 根据上述原始数据与有效性标准对猕猴桃储藏过程中各品质的变化情况进行模拟预测, 验证本文模型的有效性。

2 实验分析

根据上述测定方法, 得到猕猴桃品质实测值的变化范围、标准偏差、变异系数以及平均值结果如表 2 所示。

表 2 猕猴桃品质实测值统计表

Table 2 Statistical measured values of Kiwifruit quality indexes

项目	样本数	品质				变异系数/%
		平均值	最大值	最小值	标准偏差	
校正集	66	14.58	17.5	10.9	1.04	7.19
预测集	32	14.49	17.2	11.3	0.01	7.14

2.1 预测模型有效性分析

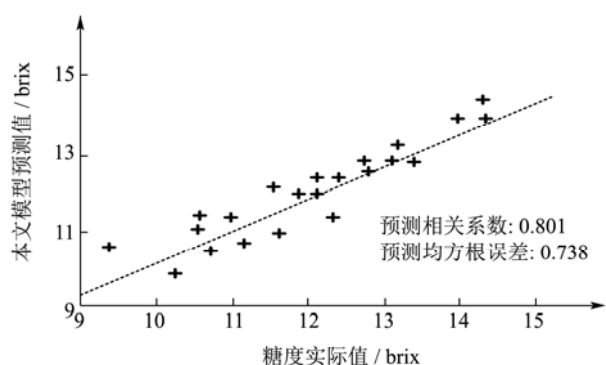


图 2 本文模型对样本 SSC 的预测值与实际值对比

Fig.2 Comparison of predicted and actual values of sample SSC by this model

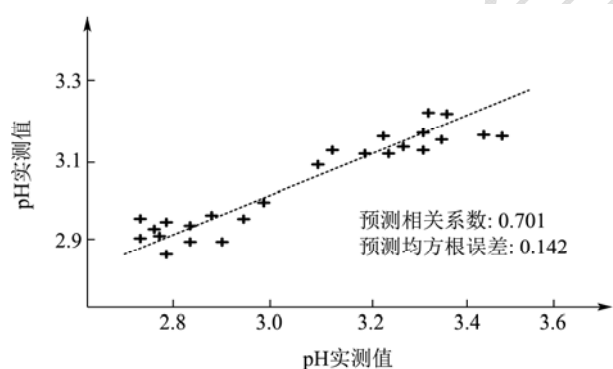


图 3 本文模型对样本 pH 的预测值与实际值对比

Fig.3 Comparison between the predicted and actual values of the sample pH by the model in this paper

为验证本文模型的有效性, 选取猕猴桃储藏过程中各项品质作为实验指标, 对储藏过程中样本的各项数值与实际值之间进行比较分析, 并总结猕猴桃储藏过程中各项品质的变化规律, 以此来为猕猴桃的储藏工作提供科学的依据。

采用本文模型预测样本的 SSC 值、pH 值与硬度。设定模型预测有效性标准如下: 预测系数不超过 1.100, 预测均方根误差不超过 1.223, 符合以上条件,

则说明预测模型有效。采用本文模型预测得到猕猴桃样本的 SSC 值、pH 值和硬度值, 并与实际值对比, 详细结果分别用图 2、图 3 和图 4 描述。结果显示, 本文模型预测 SSC 的相关系数是 0.801, 预测均方根误差是 0.738; 本文模型预测 pH 值的预测相关系数是 0.701, 预测均方根误差是 0.142; 本文模型预测猕猴桃样本硬度的预测相关系数是 0.806, 预测均方根误差是 1.112。对比三组数据与模型预测有效性标准可知, 本文模型符合有效性标准, 所以本文模型可有效用于猕猴桃储藏过程中品质变化状况的有效预测。

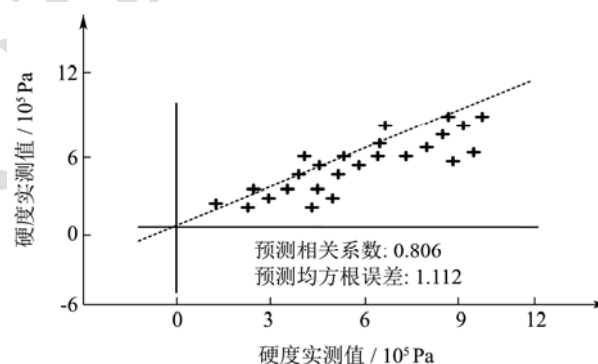


图 4 本文模型对样本硬度的预测值与实际值对比

Fig.4 Comparison of predicted and actual values of sample hardness by this model

2.2 猕猴桃失重率变化

测定猕猴桃在存储过程中的失重率变化数据, 整理计算后得到图 5 与表 3。图 5 和表 3 分别是不同储藏温度下猕猴桃的失重率变化情况、不同储藏温度下猕猴桃的失重率线拟合结果。

图 5 结果显示, 在不同储藏温度里样本储藏时间与失重率成正相关性, 储藏条件为 4 °C 时, 猕猴桃失重率增长较慢, 储藏条件为 22 °C 时, 猕猴桃失重率增长较快, 最高失重率可达 11.5%。

表 3 结果说明, 失重率拟合结果与温度成正相关性, 储藏温度为 4 °C 时, 截距与斜率的标准误差分别

为0.3097、0.01613，小于储藏温度为22℃时截距与斜率的标准误差，即温度越高、标准误差拟合结果越大，说明温度越高、猕猴桃的失重率变化越快。猕猴桃失重的主要原因是果实的水分不足，所以猕猴桃可通过下降温度来保持水分。

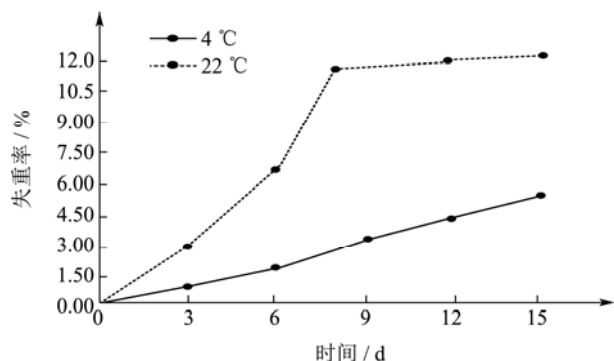


图5 不同温度储藏过程中猕猴桃失重率变化图

Fig.5 Variation of weight loss rate of kiwifruit during storage at different temperatures

表3 不同温度储藏过程中猕猴桃失重率线性拟合结果

Table 3 Linear fitting formula for weight loss rate of kiwifruit during storage at different temperatures

储藏温度/°C	拟合参数	数值	标准误差	R ²
4	截距	-0.38675	0.3097	0.95301
	斜率	0.20846	0.01613	-
22	截距	-0.60862	0.50161	0.97027
	斜率	0.78442	0.09476	-

2.3 猕猴桃硬度的变化

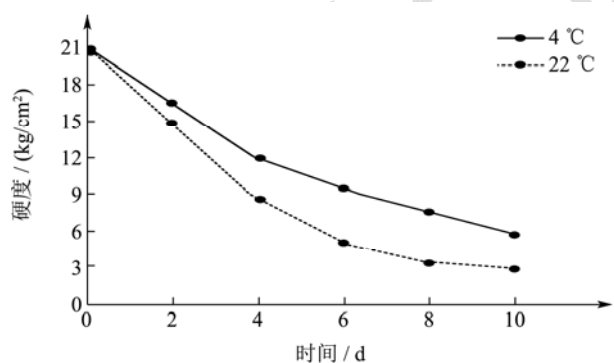


图6 不同温度储藏过程中猕猴桃硬度变化

Fig.6 Change of kiwifruit hardness during storage at different temperatures

衡量果实是否成熟的标准之一是水果的硬度。图6是不同储藏温度下猕猴桃硬度变化情况。图6显示，储藏样本的时间越长硬度越小，储藏前4d样本猕猴桃硬度降低速度快。4℃储藏的样本比22℃储藏的样本硬度降低速度慢，证明猕猴桃的硬度在低温储藏环境下可以维持更久。同时两组样本在前2d测量的数

值差别较小，而第6d后两组样本的数值差别明显 ($p < 0.05$)。

2.4 猕猴桃可溶性固形物含量变化

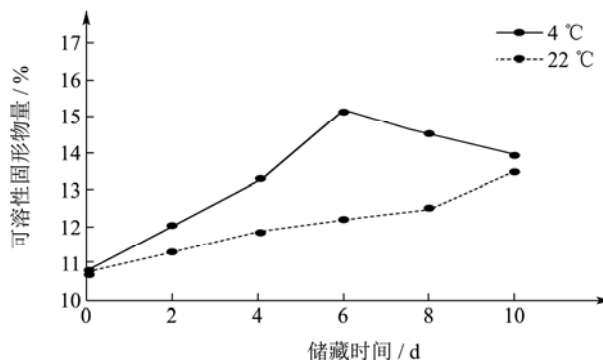


图7 不同温度储藏过程中猕猴桃果实可溶性固形物变化

Fig.7 Changes of soluble solids in kiwifruit during storage at different temperatures

除了硬度，可溶性固形物含量也是衡量果实是否成熟的标准之一，可溶性固形物含量在猕猴桃成熟以前会因猕猴桃成熟度升高而上涨。图7为不同温度储藏过程中猕猴桃果实可溶性固形物变化情况，图7显示，储藏温度为4℃时，猕猴桃样本的可溶性固形物含量在前6d内上涨明显，后4d内有所下降，其中，第6d时可溶性固形物含量到达最高，猕猴桃储藏初期淀粉会为了可溶性固形物含量的上升而降解成糖，而后期糖会被当做呼吸作用的基本基质而被消耗、减少；储藏温度为22℃时，猕猴桃样本的可溶性固形物含量呈逐渐上升的趋势，增长速度缓慢，在第10d时，猕猴桃样本的可溶性固形物含量达到最高，原因是低温时猕猴桃呼吸消耗没有使用糖，同时低温能够减缓淀粉降解速度。在2~8d时，两组样本可溶性固形物含量差距大 ($p < 0.05$)。

2.5 猕猴桃总酸含量变化

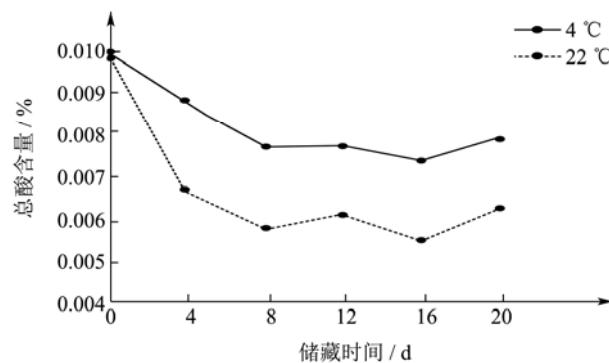


图8 不同温度储藏过程中猕猴桃总酸含量变化

Fig.8 Change of total acid content in kiwifruit during storage at different temperatures

适量的总酸能够增加猕猴桃的口感。图 8 为不同温度储藏过程中猕猴桃总酸含量变化, 图 8 显示, 两组样本在前 8 d 的总酸量变化曲线都是下降的走向, 在 8~20 d 的时候数据为折线形, 总体看来 22 °C 储藏的样本比 4 °C 储藏的样本总酸含量少, 证明低温环境相比高温环境而言, 可以减缓猕猴桃总酸含量的减少。

2.6 猕猴桃活性检测

2.6.1 猕猴桃 CAT 酶活性变化

CAT 酶活性可以去除植物里的 H₂O₂, 抑制猕猴桃果实氧化效果。图 9 是不同温度储藏过程中猕猴桃 CAT 酶活性变化情况, 图 9 显示, 在 4 °C、22 °C 储藏温度下, 两组猕猴桃样本 CAT 酶活性值变化曲线均为先提升后降低的走向。储藏温度为 4 °C 时, 猕猴桃样本分别在第 2 d~8 d 内, 样本 CAT 酶活性值最高, 储藏温度为 22 °C 时, 第 2 d~8 d 期间, 猕猴桃样本的 CAT 酶活性先降低后升高, 最后再降低至初始值。除了第 2 d~10 d ($p < 0.05$), 其它时间两组样本 CAT 酶活性值差异较小。

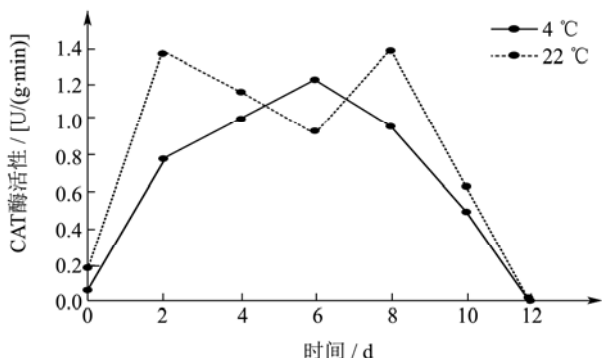


图 9 不同温度储藏过程中猕猴桃 CAT 变化

Fig.9 Change of CAT in kiwifruit during storage at different temperatures

2.6.2 猕猴桃 POD 活性变化

POD 活性能够去除植物果实自由基的保护酶系统, 促进果实的成熟。图 10 为不同温度储藏过程中猕猴桃 POD 活性变化情况, 分析图 10 能够看出, 猕猴桃样本储藏温度为 4 °C 时, 初期样本 POD 活性小, 样本 POD 活性前 16 d 内均在 15 U/(g·min) 左右, 第 20 d 时有所增加, 达到最大值 39 U/(g·min), 实验结束时 POD 活性值降低; 猕猴桃样本储藏温度为 22 °C 时, 样本 POD 活性变动幅度明显, 呈先提升后降低的走向, 增长幅度明显, 且在第 20 d 时 POD 活性值达到顶峰, 第 24 d 时下降至初始值。上述数据表明, 22 °C 储藏的猕猴桃 POD 活性较大。在第 4 d 到第 20 d 的储藏时间里, 两组样本的 POD 活性差距大 ($p < 0.05$)。

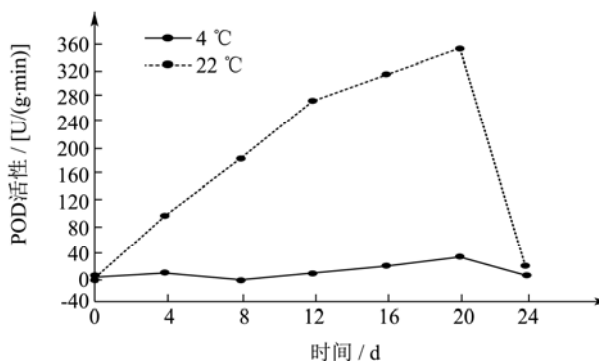


图 10 不同温度储藏过程中猕猴桃 POD 变化

Fig.10 Change of POD in kiwifruit during storage at different temperatures

2.6.3 猕猴桃 SOD 活性变化

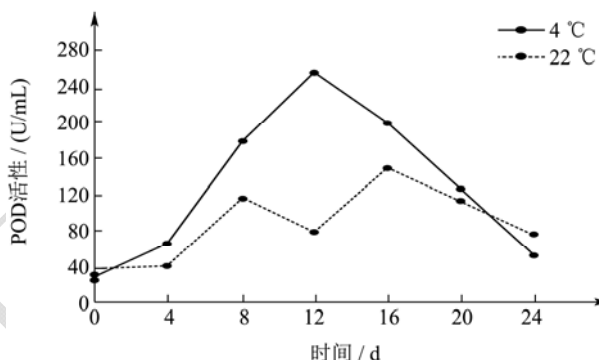


图 11 不同温度储藏过程中猕猴桃 SOD 变化

Fig.11 Changes of SOD in kiwifruit during storage at different temperatures

SOD 活性可以抑制过氧化自由基对细胞膜的损伤。图 11 为不同温度储藏过程中猕猴桃 SOD 活性变化情况, 图 11 显示, 两组样品 SOD 活性变化曲线都是先提升后降低的走向, 4 °C 储藏条件下, 猕猴桃样本在第 12 d 中的 SOD 活性值最高, 22 °C 储藏条件下, 猕猴桃样本在第 16 d 的 SOD 活性值最高。总体看来, 4 °C 储藏的猕猴桃 SOD 活性大于 22 °C 储藏的猕猴桃 SOD 活性, 第 4 d 到第 20 d 的储藏时间里, 两组样本的 SOD 活性差距大 ($p < 0.05$)。

综上所述, 运用本文设计模型对猕猴桃样本的 SSC 值、pH 值和硬度值进行预测, 得出预测值与实际值之间的差距较小, 说明该模型具有有效性; 同时, 又对猕猴桃 CAT 酶活性、POD 活性与 SOD 活性进行检测, 根据检测结果得出猕猴桃储藏过程中品质变化规律, 为猕猴桃的储藏工作提供数据参考。

3 结论

为研究猕猴桃储藏过程中的品质变化状况, 文章提出猕猴桃储藏过程中品质变化预测模型, 从猕猴桃失重率变化情况、硬度变化、可溶性固形物含量变化、

总酸含量变化、活性检测等方面研究猕猴桃在储藏过程中的品质变化情况,研究猕猴桃品质变化的规律,为延长猕猴桃保质期、提高猕猴桃品质提供有效依据。采用本文模型得到的猕猴桃 SSC 值、PH 值以及硬度值预测结果与实际值比较接近,符合有效性标准,因此,采用本文模型研究猕猴桃储藏过程中的品质变化情况,结果真实、可靠,同时为生活中储存猕猴桃提供了充分的参考依据、大大降低猕猴桃变质损坏几率。

参考文献

- [1] 牛远洋,罗安伟,刘焕军,等.臭氧耦合低温处理对猕猴桃贮藏品质和生理生化指标的影响[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2017,45(11):76-84
NIU Yuan-yang, LUO An-wei, LIU Huan-jun, et al. Effects of ozone coupled low temperature treatment on storage quality and physiological biochemical indexes of kiwi fruit [J]. Journal of Northwest University of Agriculture and Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition), 2017, 45(11): 76-84
- [2] 吉宁,王瑞,马立志,等.微孔保鲜膜耦合 1-MCP 对‘贵长’猕猴桃保鲜效果研究[J].食品研究与开发,2016,37(9):200-206
JI Ning, WANG Rui, MA Li-zhi, et al. Research on micro-porous films coupling 1-MCP on preservation effect of ‘GuiChang’ Kiwi [J]. Food Research and Development, 2016, 37(9): 200-206
- [3] 颜廷才,刘振通,李江阔,等.箱式气调结合 1-MCP 对软枣猕猴桃冷藏期品质及风味物质的影响[J].食品科学,2016,37(20):253-260
YAN Ting-cai, LIU Zhen-tong, LI Jiang-kuo, et al. Effect of box-type modified atmosphere packaging combined with 1-MCP on quality and flavor compounds of actinidia arguta during cold storage [J]. Food Science, 2016, 37(20): 253-260
- [4] Shahkoomahally S, Ramezani A. Changes in physico-chemical properties related to quality of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* cv. Hayward) during cold storage [J]. International Journal of Fruit Science, 2015, 15(2): 187-197
- [5] 薛敏,高贵田,张思远,等.气体 ClO₂ 对‘华优’猕猴桃采后生理及贮藏品质的影响[J].食品科学,2015,36(18):257-261
XUE Min, GAO Gui-tian, ZHANG Si-yuan, et al. Effects of chlorine dioxide gas on post-harvest physiology and storage quality of ‘Huayou’ kiwifruit [J]. Food Science, 2015, 36(18): 257-261
- [6] 张哲,张治权,毛力,等.运输过程中机械振动对猕猴桃贮藏品质的影响[J].食品与机械,2017,33(1):104-109
ZHANG Zhe, ZHANG Zhi-quan, MAO Li, et al. Effect of mechanical vibration during the transportation process on the storage quality of kiwi fruit [J]. Food & Machinery, 2017, 33(1): 104-109
- [7] 刘坤,李文彬,陈锋军.果实检验中灵武长枣成熟度图像分级仿真[J].计算机仿真,2017,34(8):273-276
LIU Kun, LI Wen-bin, CHEN Feng-jun. The simulation of image grading test of lingwu long jujube mature fruit [J]. Computer Simulation, 2017, 34(8): 273-276
- [8] Li H, Zhu Y, Luo F, et al. Use of controlled atmospheres to maintain postharvest quality and improve storage stability of a novel red-fleshed kiwifruit (*Actinidia chinensis* Planch. var. *rufopulpa* [C.F. Liang et R.H. Huang] C.F. Liang et A.R. Ferguson) [J]. Journal of Food Processing & Preservation, 2015, 39(6): 907-914
- [9] 李涵,杨天歌,向珈慧,等.冷破碎工艺对猕猴桃果浆品质的影响[J].食品工业科技,2017,38(4):259-262
LI Han, YANG Tian-ge, XIANG Jia-hui, et al. Effects of cold crushing process on the fruit pulp quality of kiwi fruit [J]. Science and Technology of Food Industry, 2017, 38(4): 259-262
- [10] 何靖柳,刘继,杜小琴,等.植物精油对‘红阳’猕猴桃低温贮藏保鲜效果的影响[J].食品工业科技,2015,36(9):320-326
HE Jing-liu, LIU Ji, DU Xiao-qin, et al. Preservation of ‘Red Sun’ kiwifruit fumigated with plant essential oil during cold storage [J]. Science and Technology of Food Industry, 2015, 36(9): 320-326
- [11] Shiri M A, Ghasemnezhad M, Fatahi Moghadam J, et al. Enhancing and maintaining nutritional quality and bioactive compounds of “hayward” kiwifruit: Comparison of the effectiveness of different CaCl₂ spraying times [J]. Journal of Food Processing & Preservation, 2016, 40(5): 850-862
- [12] 陈亮,高兆银,李敏,等.贮藏温度对神秘果果实采后品质、生理代谢及病害的影响[J].热带作物学报,2015,36(6):1173-1178
CHEN Liang, GAO Zhao-yin, LI Min, et al. Effects of storage temperature on postharvest quality, physiological metabolism and disease in *Synsepalum dulcificum* Daniell [J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2015, 36(6): 1173-1178

(下转第 303 页)