

不同保鲜剂对柑橘果实贮藏品质的影响

Effect of Three Kinds of Antistaling Agents on Storage Quality of Citrus

王文军¹ 曾凯芳^{1,2} 刘晓佳¹ 邓丽莉^{1,2} 姚世响^{1,2}

WANG Wen-jun¹ ZENG Kai-fang^{1,2} LIU Xiao-jia¹ DENG Li-li^{1,2} YAO Shi-xiang^{1,2}

(1. 西南大学食品科学学院, 重庆 400715; 2. 重庆市特色食品工程技术研究中心, 重庆 400715)

(1. College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2. Chongqing Special Food Engineering and Technology Research Center, Chongqing 400715, China)

摘要:以纽荷尔脐橙、奉节72-1脐橙、夏橙3种柑橘果实为研究对象,分别在复合有2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D)的壳寡糖、“活力鲜”保鲜剂、膜醭毕赤酵母(*Pichia membranaefaciens*)以及低剂量多菌灵+膜醭毕赤酵母4种处理液中浸泡后,晾干套袋,室温、低温(5℃)下贮藏,观察发病和品质变化情况。结果表明,与对照相比,各保鲜剂处理对柑橘果实都有不同程度的病害控制效果,其中“活力鲜”保鲜剂复合2,4-D处理效果最佳;多菌灵复合膜醭毕赤酵母和2,4-D处理的保鲜效果优于膜醭毕赤酵母复合2,4-D处理;各保鲜剂处理对果实可溶性固形物(Total Soluble Solid, TSS)、可滴定酸(Titratable Acid, TA)含量无明显影响;低温可显著延缓果实TSS含量、TA含量和重量的降低。

关键词:柑橘果实;贮藏;品质;膜醭毕赤酵母;壳寡糖;商业保鲜剂

Abstract: It was conducted to evaluate the effects of different preservative treatments on the quality of three cultivars of citrus fruits, i.e. ‘Newhall’ navel orange, Fengjie 72-1 navel orange and Valencia orange, during the storage in this study. Four treatment solutions were prepared by using 2,4-D (2,4-dichlorophenoxyacetic acid) composite chitosan oligosaccharide, ‘‘Huolixian’’ commercial fungicides, *Pichia membranaefaciens* and low dose carbendazim with *Pichia membranaefaciens*, respectively. Citrus fruits were soaked in each treatment solution, then dried and bagged. Then the citrus fruits were stored at room temperature or low temperature (5℃), and the disease incidence and quality changes were monitored. The results suggested that all treatments had different effects on disease control of citrus fruits compared with the control, the ‘‘Huolixian’’ com-

mercial fungicides in combination with 2,4-D was the best; the preservation effect of low dose carbendazim in combination with *Pichia membranaefaciens* and 2,4-D was better than *Pichia membranaefaciens* in combination with 2,4-D; the preservation effect of the chitosan oligosaccharide in combination with 2,4-D was better under the low temperature compared with room temperature storage. Each treatment had no significant effect on soluble solids (TSS) and titratable acid (TA) content of citrus fruits. However, low temperature could significantly delay the decrease of TSS content, TA content and fruit weight, compared with room temperature.

Keywords: citrus fruit; storage; quality; *Pichia membranaefaciens*; chitosan oligosaccharide; commercial fungicides

柑橘类水果是世界三大贸易农产品之一,在世界范围内分布广泛,中国的柑橘产量位居世界前列^[1-3]。柑橘类果实贮藏过程中容易受病原菌感染而发生大量腐烂现象,造成严重的经济损失。其中由指状青霉(*Penicillium digitatum* Sacc.)引起的绿霉病、意大利青霉(*Penicillium italicum* Wehmer.)引起的青霉病、炭疽菌(*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.)引起的炭疽病、柑橘白地霉(*Geotrichum candidum*)引起的酸腐病和黑色蒂腐病菌(*Diplodia natalensis* Evans.)引起的蒂腐病最为普遍且严重。

前人针对柑橘类果实侵染性病害已有较多的研究,目前化学类杀菌剂保鲜是最成熟也是效果最好的保鲜方式。苯并咪唑类的代表品种多菌灵和咪唑类的代表品种咪鲜胺对柑橘类水果的青霉病、绿霉病和炭疽病都有较好的防治效果^[4];2,4-D作为一种生长素类似物,可由人工合成,能有效控制柑橘采后的果蒂脱落现象。有研究^[5]表明,200 mg/L 2,4-D对柑橘果实的保鲜效果最好,在实际生产运用中,2,4-D往往是和其他保鲜剂结合使用。化学杀菌剂的长期大量使用会造成环境污染,提高病原菌的耐药性,导致保鲜效果降低,因而较强毒性的化学杀菌剂在食品中的使用受到限制,迫使学者们^[6-7]寻找对人体安全健康无害的方式和物质

基金项目:“十二五”国家科技支撑计划项目课题(编号:2015BAD16B07);重庆市社会民生科技创新专项项目(编号:cstc2015shmszx80004);重庆市社会事业与民生保障科技创新专项项目(编号:cstc2016shms-ztxx80005)

作者简介:王文军,男,西南大学在读硕士研究生。

通信作者:曾凯芳(1972—),女,西南大学教授,博士。

E-mail: zengkaifang@163.com

收稿日期:2017-01-19

来代替或减少化学杀菌剂的大剂量使用。

采后果实侵染性病害的生物防治为近几年国内外研究的热点。膜醭毕赤酵母(*Pichia membranaefaciens*)属于毕赤酵母属(*Pichia*),可与病原菌竞争生存空间,同时寄生在病原菌的菌丝上,抑制病原菌的生长,此外,还可诱导果实自身产生抗病性,控制果实采后侵染性病害。有研究^[8-9]表明,膜醭毕赤酵母对柑橘青、绿霉病害有较好的防控效果。但与大多数生防菌相似,由于环境等因素的影响,其生防效果不稳定^[10],因此,拮抗酵母菌常与其他物质或方法复合使用。有研究^[11]表明低剂量多菌灵对膜醭毕赤酵母的生长无明显抑制作用,用低剂量多菌灵复合膜醭毕赤酵母,可提高对柑橘果实的保鲜效果,并减少保鲜剂的使用量。壳寡糖又称寡聚氨基葡萄糖、甲壳低聚糖,由甲壳素脱乙酰化的产物壳聚糖降解获得,其性质稳定,溶于水,具有广谱抑菌活性,可诱导果实抗病性,并对人畜无毒害,在果蔬病害控制方面研究较多^[12-13]。

目前,在实际生产应用中,由于保鲜效果、资金投入、技术限制等原因,化学杀菌剂还不能被生物保鲜剂完全替代,其依旧是最为主要的果蔬保鲜剂。前人^[14-17]对于单一品种柑橘果实运用一种化学保鲜剂、生物保鲜剂的研究较多,但在不同温度下对比化学保鲜剂与多种生物保鲜剂的研究较少。因此,本试验拟以纽荷尔脐橙、奉节72-1脐橙、夏橙3种柑橘果实为研究对象,将2,4-D分别与壳寡糖、柑橘商业化学杀菌剂“活力鲜”、膜醭毕赤酵母、低剂量多菌灵+膜醭毕赤酵母复合,研究其在室温、5℃低温贮藏条件下对柑橘果实病害控制及品质的影响,旨在为柑橘贮藏保鲜生产应用提供理论参考。

1 材料与与方法

1.1 材料、酵母与试剂

奉节72-1脐橙[*Citrus sinensis* (L.) Osbeck]:采于重庆市奉节县;

纽荷尔脐橙[*Citrus sinensis* (L.) Osbeck cv. Newhall]:采于重庆市渝北区统景镇;

伏令夏橙[*Citrus sinensis* (L.) Osbeck cv. Valencia]:采于重庆市长寿区长寿湖镇;

膜醭毕赤酵母(*Pichia membranaefaciens*):中国工业微生物菌种保藏管理中心;

“活力鲜”柑橘用杀菌剂:主要成分是咪鲜胺及咪鲜·抑霉唑,珠海真绿色技术有限公司;

壳寡糖(chitosan oligosaccharide):分析纯,分子量为1 500~2 000 D,山东济南海得贝海洋生物工程公司;

2,4-D:纯度为99%,上海Damas-beta试剂公司;

多菌灵:50%可湿性粉剂,江苏蓝丰生物化工股份有限公司。

1.2 方法

1.2.1 膜醭毕赤酵母悬浮液的制备 膜醭毕赤酵母于4℃下保种于NYDA培养基上。

(1) 活化:接种4℃下保藏的酵母于NYDA培养基,在28℃培养箱中培养48 h。

(2) 液体培养:将在NYDA培养生长好的酵母转移到NYDB液体培养基中,28℃、200 r/min的培养条件下继续

培养48 h。

(3) 离心分离:4 000 r/min、4℃的条件下离心10 min,倒去上层培养液,同样条件下无菌水洗涤、离心分离2次。

(4) 重新悬浮及确定浓度(悬浮液制备及计数):离心分离好的酵母用一定无菌水进行稀释悬浮,并用血球计数板计数,使用时调整到所需浓度。

1.2.2 果实处理 试验果实采收后当天运回实验室,挑选大小均一,无病虫害,成熟度基本一致、没有机械伤的果实作为试验对象。柑橘果实用软质纱布在自来水下清洗,自然晾干后随机分为5组。分别在以下溶液中浸泡2 min:A:无菌水(对照);B:500倍稀释的“活力鲜”柑橘商业杀菌剂(商业建议使用量)+200 mg/L的2,4-D(活力鲜+2,4-D);C:1.5%壳寡糖+200 mg/L的2,4-D(壳寡糖+2,4-D);D:1×10⁸ CFU/mL膜醭毕赤酵母悬浮液+200 mg/L的2,4-D(酵母+2,4-D);E:1×10⁸ CFU/mL膜醭毕赤酵母悬浮液+200 mg/L的2,4-D+125 μg/mL多菌灵(多菌灵用量是商业建议使用量的25%,酵母+2,4-D+多菌灵)。果实浸泡后自然晾干,用薄膜袋单果套袋后,每种处理的果实随机分为两组,第一组于室温下贮藏,第二组于5℃低温下贮藏。每组30个果实,重复3次。

1.2.3 自然发病率测定 室温条件下贮藏的果实,每10 d检查发病情况,记录发病率;5℃条件下贮藏的果实,每隔20 d检查发病情况,并记录发病率。计算公式:

$$C = \frac{n}{N} \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

C——果实发病率,%;

n——发病果实数量,个;

N——果实总数量,个。

1.2.4 失重率测定 果实失重率按式(2)计算:

$$W = \frac{M-m}{M} \times 100\%, \quad (2)$$

式中:

W——果实失重率,%;

M——贮藏前重量,g;

m——贮藏后重量,g。

1.2.5 可溶性固形物(TSS)、可滴定酸(TA)含量测定 采用日本ATAGO PAL-1手持式数显糖度计测定果实中可溶性固形物含量,酸碱滴定法测定果实中可滴定酸含量。每组测定重复3次。

1.3 数据分析

Excel 2013 统计分析所有数据,计算标准误差并制图;应用SPSS 21.0软件对数据进行方差分析(ANOVA),利用邓肯氏多重比较对差异显著性进行分析,P<0.05表示差异显著。

2 结果与分析

2.1 柑橘果实室温和低温贮藏过程中的发病情况

2.1.1 室温贮藏过程中的发病率 由图1可知,在室温条件下,纽荷尔脐橙、奉节72-1脐橙和夏橙果实随贮藏时间的延长,其侵染性病害发病率逐渐增大。与对照相比,“活力鲜+

2,4-D”处理组能显著降低柑橘果实发病率,纽荷尔脐橙、奉节 72-1 脐橙、夏橙果实分别在贮藏 90,60,10 d 内,发病率均控制在 20% 以内。与“活力鲜+2,4-D”处理相比,另 3 种处理控制果实病害的效果较弱,但与对照相比都有显著的效果。值得关注的是,采用“酵母+2,4-D”处理及“酵母+2,4-D+多菌

灵”处理的纽荷尔、奉节 72-1 脐橙果实贮藏 50 d 左右时的保鲜效果明显下降,果实发病率增大。夏橙果实由于严重的炭疽病,导致各处理组发病率在第 20 天时已经大于 50%。

2.1.2 低温贮藏过程中的自然发病率 由图 2 可知,在 5℃ 低温下贮藏的纽荷尔脐橙、奉节 72-1 脐橙和夏橙果实,随贮

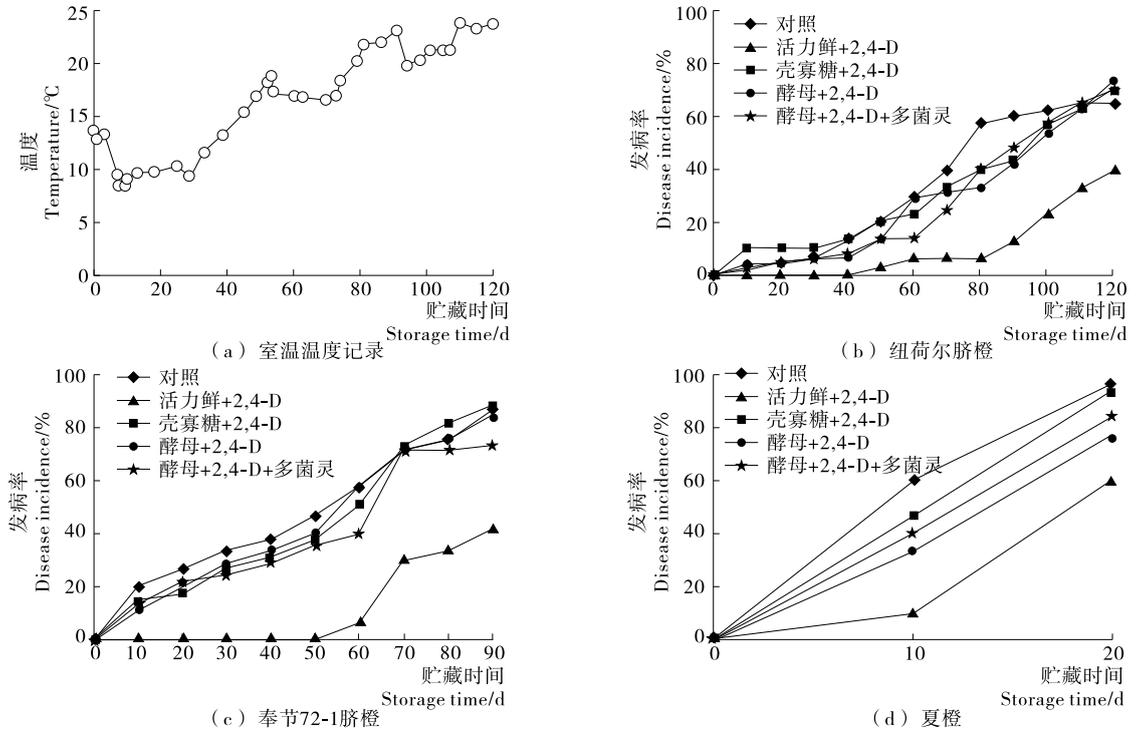


图 1 室温温度记录及室温贮藏过程中纽荷尔脐橙、奉节 72-1 脐橙和夏橙果实的发病率

Figure 1 Temperature record and the Disease incidence of ‘Newhall’ navel orange, Fengjie 72-1 navel orange and Valencia orange fruits during storage at room temperature

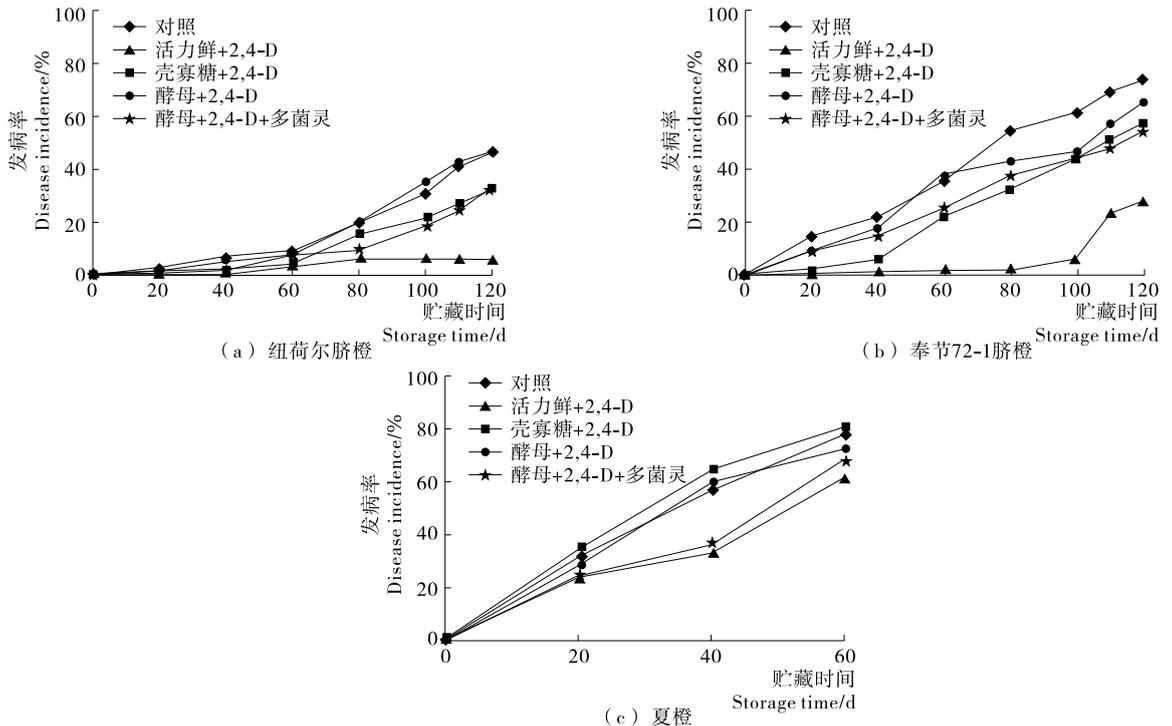


图 2 低温贮藏过程中纽荷尔脐橙、奉节 72-1 脐橙和夏橙果实的发病率

Figure 2 The Disease incidence of ‘Newhall’ navel orange, Fengjie 72-1 navel orange and Valencia orange fruits during storage at low temperature

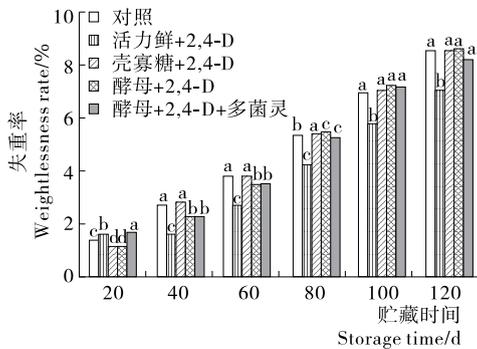
藏时间的延长,其侵染性病害发病率都增大。与对照相比,在5℃低温下“活力鲜+2,4-D”处理能显著降低柑橘果实发病率。纽荷尔脐橙、奉节72-1脐橙、夏橙果实分别在贮藏120,100,17 d内,发病率均控制在20%以内。3种果实“酵母+2,4-D+多菌灵”处理的保鲜效果显著优于“酵母+2,4-D”处理。

本研究表明,在室温及低温贮藏过程中,纽荷尔脐橙和奉节72-1脐橙果实青、绿霉病的发生较为严重,贮藏后期会出现较小比率的炭疽病、蒂腐病和酸腐病;而夏橙果实贮藏过程中主要发生炭疽病。目前,壳寡糖保鲜技术主要应用在枣^[18]、桃子^[19]、芒果^[20]等的果实上。木瓜、香蕉经壳寡糖处理可有效抑制果实的炭疽病发病情况^[21-22],但本试验中壳寡糖对夏橙果实上潜伏的大量炭疽菌抑制作用有限,可能与果实表面病原菌数量及壳寡糖浓度有关。无论是室温还是低温,相对于膜醭毕赤酵母复合2,4-D处理,低剂量多菌灵复合膜醭毕赤酵母和2,4-D处理保鲜效力得到显著提高,此结果与Lima等^[23]的研究结果相似,其将低剂量的杀

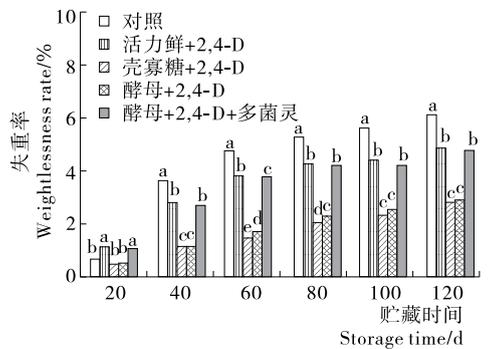
菌剂 Boscalid 和 Cyprodinil 与对杀菌剂有抗性的生防酵母 (*Rhodosporidium Kratochvilovae* LS11 和 *Cryptococcus laurentii* LS28)复合处理苹果果实,能有效控制扩展青霉 (*Penicillium expansum*)对果实侵染。膜醭毕赤酵母保鲜效力在一段时间后会明显的丧失,这是当前生防酵母实际应用阻碍、同样也是科研人员需要攻克的重点问题^[24]。为提高生防酵母效力和稳定性,拮抗酵母菌可与相应的物理、化学或生物方法有效组合,如臭氧处理结合罗伦隐球酵母 (*Cryptococcus laurentii*)能显著增强对草莓灰霉病的控制效果^[25];气调贮藏(controlled atmosphere storage,CA)结合梅奇酵母 (*Metschnikowia pulcherrima*),能显著提高酵母对苹果果实采后青霉病的控制水平^[26]。

2.2 柑橘果实室温和低温贮藏过程中的失重率

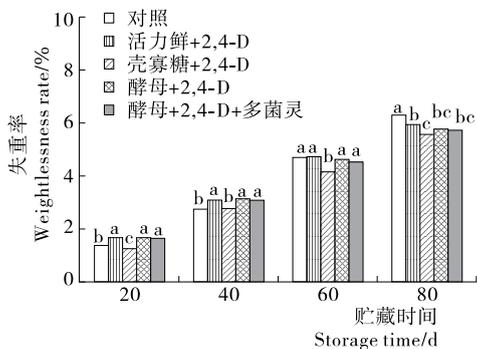
果实失重是由于在贮藏过程中发生蒸腾失水,也与外界环境、果实形状、大小、成分和结构等因素有关,其中温度与湿度是最重要的影响因素。由图3可知,在室温或低温下随着贮藏时间的延长,3种柑橘果实的失重率均有一定程度的



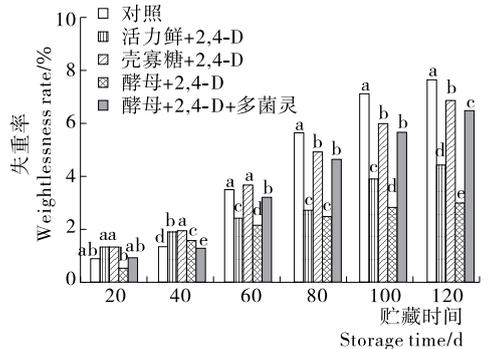
(a) 室温下贮藏的纽荷尔脐橙果实



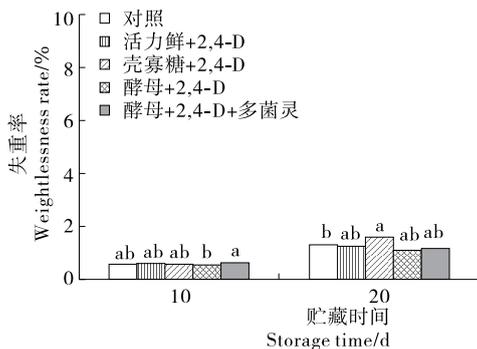
(b) 低温下贮藏的纽荷尔脐橙果实



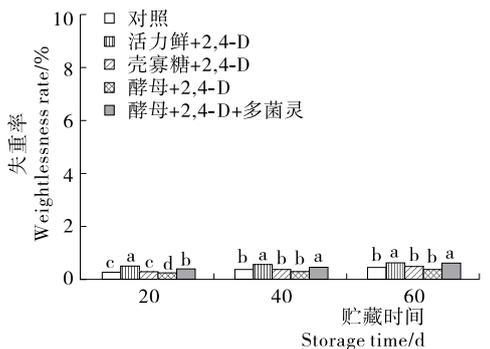
(c) 室温下贮藏的奉节72-1脐橙果实



(d) 低温下贮藏的奉节72-1脐橙果实



(e) 室温下贮藏的夏橙果实



(f) 低温下贮藏的夏橙果实

组间不同小写字母表示差异显著(P<0.05)

图3 柑橘果实在贮藏过程中失重率

Figure 3 The weight loss rate of citrus fruits during storage (n=3)

增加。纽荷尔脐橙果实在室温和低温下贮藏 120 d,奉节 72-1 脐橙在室温下贮藏 80 d 和在低温下贮藏 120 d,失重率都仍低于 10%;夏橙果实在室温和低温下分别贮藏到 20,60 d 时的失重率均低于 2%。本试验套袋柑橘果实在长期贮藏后失重率依旧保持在可以接受的范围内,果实外观品质并无明显变化。单果薄膜套袋,一方面可有效减少果实失重,另一方面可隔离已经发生病害的果实对健康果实的感染,并且在一定范围内调节气体成分对果实起到延缓衰老、延长保鲜期的作用^[27]。

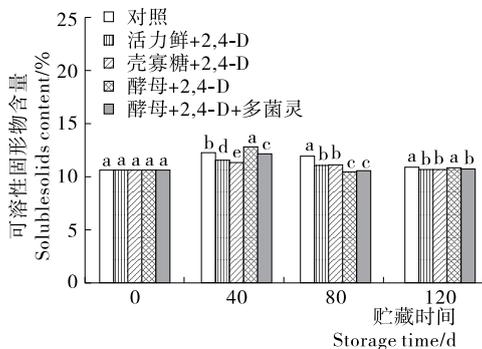
2.3 柑橘果实室温和低温贮藏过程中的可溶性固形物含量

由图 4 可知,纽荷尔脐橙在室温贮藏过程中果实 TSS 含量整体上是先上升再下降的,而低温贮藏过程中果实 TSS 含量整体是上升的。奉节 72-1 脐橙果实在室温下贮藏,TSS 含量有一定程度的下降,而在低温下基本保持稳定。夏橙果实在室温和低温下贮藏,TSS 含量基本保持稳定。在室温或低温下,各处理对果实 TSS 含量的变化无影响,但低温可以

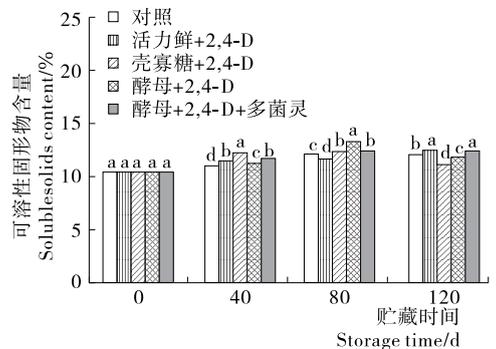
显著延缓 TSS 含量的降低。糖通常作为呼吸作用底物^[28-29],采收柑橘果实 TSS 含量在贮藏过程中增加应是果实中淀粉等大分子物质降解为可溶性物质的结果,贮藏后期 TSS 含量减小与柑橘果实在贮藏期能量消耗有关系,这与低温贮藏梨^[30]果实,延缓了糖降解的结果相同。

2.4 柑橘果实室温和低温贮藏过程中的可滴定酸含量

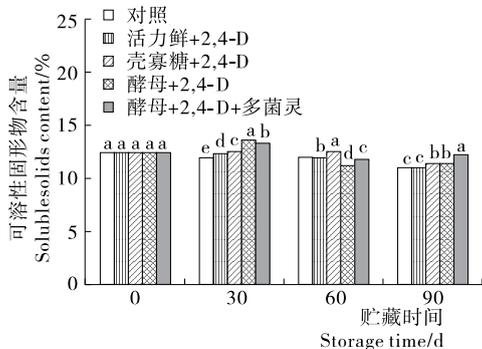
可滴定酸含量是果实贮藏状态的重要指标^[31],由图 5 可知,在室温和低温下贮藏的纽荷尔脐橙,贮藏前期果实 TA 含量基本保持稳定,但 80 d 后均发生明显的下降;奉节 72-1 脐橙、夏橙果实在低温和室温贮藏过程中的 TA 含量均显著降低,与低温下相比,室温下果实 TA 含量降低相对更快。综上,在贮藏过程中 3 种柑橘果实的 TA 含量均有一定程度的减小;低温对柑橘果实 TA 降解有一定延缓作用;而各处理对 TA 含量变化无明显影响。这与低温贮藏菠萝^[32]果实,延缓了有机酸等降解的结果相同。



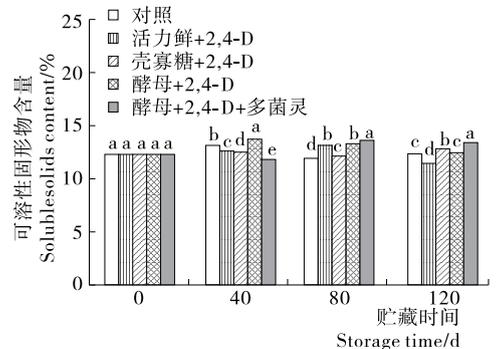
(a) 室温下贮藏的纽荷尔脐橙果实



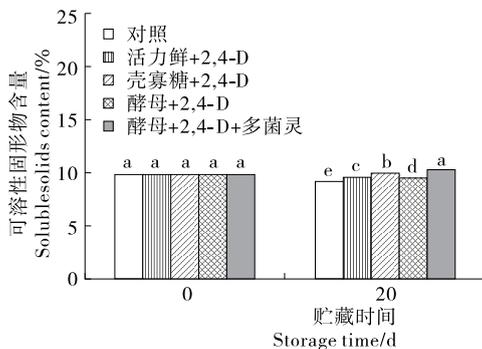
(b) 低温下贮藏的纽荷尔脐橙果实



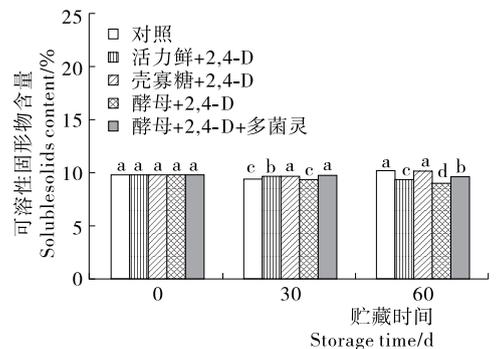
(c) 室温下贮藏的奉节72-1脐橙果实



(d) 低温下贮藏的奉节72-1脐橙果实



(e) 室温下贮藏的夏橙果实

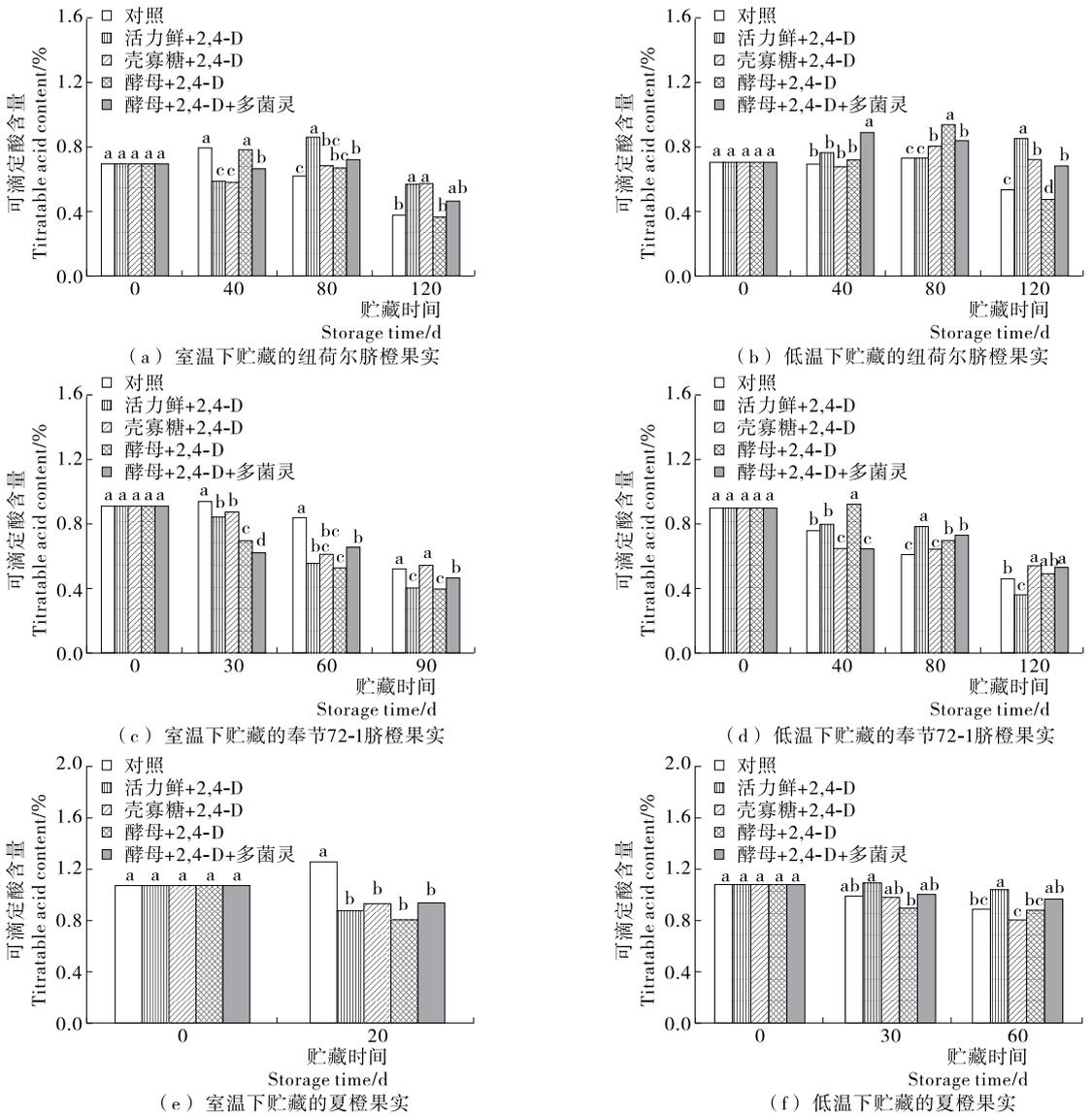


(f) 低温下贮藏的夏橙果实

组间不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)

图 4 柑橘果实在贮藏过程中可溶性固形物含量

Figure 4 Content of total soluble solid in citrus fruits during storage ($n = 3$)



组间不同小写字母表示差异显著(P<0.05)

图5 柑橘果实在贮藏过程中可滴定酸含量

Figure 5 Content of titratable acid in citrus fruits during storage (n=3)

3 结论

本试验结果表明,化学保鲜剂“活力鲜”复合2,4-D处理效果最佳,膜醭毕赤酵母与多菌灵和2,4-D复合处理的保鲜效果显著增强;各保鲜剂处理对柑橘果实TSS含量、TA含量无明显影响;低温可延缓果实TSS含量、TA含量和重量的降低。

壳寡糖与拮抗酵母等作为采后果实侵染性病害生物防治研究的热点,虽由于抗菌效力较弱及稳定性较差等原因,离完全代替化学杀菌剂仍有一定距离,但研究发展对人体安全、环境友好的生物保鲜剂是必然趋势,本试验只涉及生物保鲜剂与低剂量化学保鲜剂复合,对于生物保鲜剂与各种物理保鲜方法复合以及多种生物保鲜剂之间的复合有待进一步研究。

参考文献

[1] LADANIYA M S. Citrus Fruit: Biology, Technology and Evalu-

ation[M]. San Diego: Academic Press, 2008: 13-65.
 [2] 刘铮. 中国柑橘产业国际竞争力动态[D]. 武汉: 华中农业大学, 2012: 1-5.
 [3] 汪晓银. 中国柑橘市场预警研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2013: 1-8.
 [4] 李鸿筠, 姚廷山, 王联英, 等. 5种药剂对柑橘贮藏病害的防控效果评价[J]. 食品工业科技, 2014, 35(11): 319-323.
 [5] 任志华. 2,4-D在柑橘果实中的残留及保鲜效果研究[D]. 广州: 华南师范大学, 2005: 10-52.
 [6] SCHIRRA M, D'AQUINO S, CABRAS P, et al. Control of postharvest diseases of fruit by heat and fungicides: efficacy, residue levels, and residue persistence. A review[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2011, 59(16): 8 531-8 542.
 [7] 熊亚波, 闫晓俊, 颜静, 等. 新型柑橘贮藏保鲜剂的研究进展[J]. 食品科学, 2015, 36(9): 284-288.
 [8] 汪开拓, 郑永华. 膜醭毕赤酵母对杨梅果实采后绿霉病的抑制与

- 抗病性的诱导[J]. 食品科技, 2011(5): 64-69.
- [9] 张璐, 张瑶, 刘丽丹, 等. 膜醌毕赤酵母对草莓采后灰霉病抗病性的诱导[J]. 食品科学, 2013, 34(22): 286-291.
- [10] JANISIEWICZ W J, KORSTEN L. Biological control of post-harvest diseases of fruits[J]. Annual Review of Phytopathology, 2002, 40(4): 411-441.
- [11] 冯吉睿, 周雅涵, 曾凯芳. 膜醌毕赤酵母结合杀菌剂对柑橘果实采后病害的控制效果[J]. 食品科学, 2015(12): 249-254.
- [12] 朱玉霞. 壳寡糖的制备、分离分析及抑菌活性研究[D]. 无锡: 江南大学, 2013: 1-10.
- [13] 刘幸海, 李正名, 王宝雷. 具有农业生物活性壳寡糖的研究进展[J]. 农药学报, 2006, 8(1): 1-7.
- [14] 黄小兰, 盖智星, 王日葵, 等. 对羟基苯甲酸处理对采后柑橘炭疽病的抑制及机理研究[J]. 食品与机械, 2016, 32(9): 121-125.
- [15] 叶翠层, 彭湘莲. 壳聚糖涂膜保鲜对金柑品质的影响[J]. 食品与机械, 2008, 24(3): 52-54.
- [16] 何义仲, 陈兆星, 刘润生, 等. 不同贮藏方式对赣南纽荷尔脐橙果实品质的影响[J]. 中国农业科学, 2014, 47(4): 736-748.
- [17] 王鹏跃, 陈忠秀, 庞林江. 气调包装对椪柑贮藏及保鲜效果的影响[J]. 食品与机械, 2014, 30(6): 124-127.
- [18] YAN Jia-qi, CAO Jian-kang, JIANG Weri-bo, et al. Effects of preharvest oligochitosan sprays on postharvest fungal diseases, storage quality, and defense responses in jujube (*Zizyphus jujuba* Mill. cv. Dongzao) fruit[J]. Scientia Horticulturae, 2012, 142: 196-204.
- [19] LI Hong-yan, YU Ting. Effect of chitosan on incidence of brown rot, quality and physiological attributes of postharvest peach fruit[J]. Journal of The Science of Food and Agriculture, 2001, 81(2): 269-274.
- [20] CHIEN P J, SHEU F, YANG F H. Effects of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit [J]. Journal of Food Engineering, 2007, 78(1): 225-229.
- [21] BAUTISTA-BAÑOS S, HERNÁNDEZ-LÓPEZ M, BOSQUEZ-MOLINA E, et al. Effects of chitosan and plant extracts on growth of *Colletotrichum gloeosporioides*, anthracnose levels and quality of papaya fruit[J]. Crop Protection, 2003, 22(9): 1 087-1 092.
- [22] 张敏, 何熙璞, 彭好文, 等. 壳寡糖基聚合物对 3 种病原真菌抑菌作用研究[J]. 中国果树, 2008(3): 35-37.
- [23] LIMA G, CASTORIA R, DE CURTIS F, et al. Integrated control of blue mould using new fungicides and biocontrol yeasts lowers levels of fungicide residues and patulin contamination in apples[J]. Postharvest Biology and Technology, 2011, 60(2): 164-172.
- [24] SPADARO D, GULLINO M L. State of the art and future prospects of the biological control of postharvest fruit diseases [J]. International Journal of Food Microbiology, 2004, 91(2): 185-194.
- [25] 张红印, 马龙传, 姜松, 等. 臭氧结合拮抗酵母对草莓采后灰霉病的控制[J]. 农业工程学报, 2009, 25(5): 258-263.
- [26] CONWAY W S, JANISIEWICZ W J, LEVERENTZ B, et al. Control of blue mold of apple by combining controlled atmosphere, an antagonist mixture, and sodium bicarbonate [J]. Postharvest Biology and Technology, 2007, 45(3): 326-332.
- [27] LIU Sheng, ZHANG Hong-li, ZHENG Shu-fang. Effect of pressure pre-cooling, room pre-cooling and cold storage on quality of sweet corn [J]. Acta Horticulturae, 2012, 934: 1 247-1 254.
- [28] 余芳, 邵兴锋, 许凤, 等. 果实低温贮藏期间糖代谢变化研究进展[J]. 果树学报, 2014(1): 125-131.
- [29] SHAO Xing-feng, ZHU Yong, CAO Shi-feng, et al. Soluble Sugar Content and Metabolism as Related to the Heat-Induced Chilling Tolerance of Loquat Fruit During Cold Storage [J]. Food & Bioprocess Technology, 2013, 6(12): 3 490-3 498.
- [30] 王志华, 姜云斌, 王文辉, 等. 不同低温贮藏对砀山酥梨货架期组织褐变和品质的影响[J]. 园艺学报, 2014, 41(12): 2 393-2 401.
- [31] 周先艳, 朱春华, 李进学, 等. 果实有机酸代谢研究进展[J]. 中国南方果树, 2015, 44(1): 120-125.
- [32] 张鲁斌, 贾志伟, 谷会, 等. 低温贮藏对货架期菠萝黑心病发生和果实品质维持的影响[J]. 果树学报, 2013, 30(4): 675-680.

(上接第 109 页)

- [10] 潘治利, 黄忠民, 王娜, 等. BP 神经网络结合有效积温预测速冻水饺变温冷藏货架期[J]. 农业工程学报, 2012, 28(22): 276-281.
- [11] 刘雪, 李亚妹, 刘娇, 等. 基于 BP 神经网络的鲜鸡蛋货架期预测模型[J]. 农业机械学报, 2015, 46(10): 328-334.
- [12] MI Chun-qiao, YANG Jian-yu, LI Shao-ming, et al. Prediction of accumulated temperature in vegetation period using artificial neuralnetwork [J]. Mathematical and Computer Modelling, 2010, 51(11/12): 1 453-1 460.
- [13] 曾祥燕, 赵良忠, 孙文兵, 等. 基于 PCA 和 BP 神经网络的葡萄酒品质预测模型[J]. 食品与机械, 2014, 30(1): 40-44.
- [14] 傅德成, 刘明堂. 食品感官鉴别手册[M]. 北京: 中国轻工出版社, 1991: 52-53.
- [15] 李蕾蕾. 南美白对虾低温贮藏过程中的菌相变化及货架期预测模型的建立[D]. 天津: 天津商业大学, 2014.
- [16] VAPNIK V N. 数据挖掘中的新方法——支持向量机[M]. 张学工, 译. 北京: 科学出版社, 2000: 71-74.
- [17] 陈金凤. 支持向量机回归算法的研究与应用[D]. 无锡: 江南大学, 2008: 4-14.
- [18] 王定成, 方延健, 高理富, 等. 支持向量机回归在线建模及应用[J]. 控制与决策, 2003, 18(1): 89-91.
- [19] 王芳. 基于支持向量机的沪深 300 指数回归预测[D]. 济南: 山东大学, 2015.
- [20] 侯伟真. 求解支持向量机的若干优化算法的研究[D]. 青岛: 山东科技大学, 2007: 4-6.
- [21] 刘静, 管晓, 易翠平. 近红外光谱技术结合支持向量机对食用醋品牌溯源的研究[J]. 食品与机械, 2016, 32(1): 38-50.
- [22] 刘洋, 王涛, 左月明. 基于支持向量机野生蘑菇近红外识别模型[J]. 食品与机械, 2016, 32(4): 92-112.