

## BioSuee 膜对“赛买提”杏采后贮运品质的影响

孟玉昆<sup>1</sup>, 魏佳<sup>2</sup>, 吴斌<sup>2</sup>, 孙学森<sup>3</sup>, 马会师<sup>3</sup>, 王伟华<sup>1</sup>

(1.塔里木大学 生命科学学院, 新疆 阿拉尔 843300; 2.新疆农业科学院农产品贮藏加工所, 乌鲁木齐 830001; 3.常州百利基生物材料科技有限公司, 江苏 常州 213200)

**摘要:** **目的** 针对鲜杏果实在电商物流过程中容易出现变软、皱皮、酒化等品质下降现象, 探究 BioSuee 膜对新疆“赛买提”杏采后贮运品质的影响。**方法** 以新疆“赛买提”杏为实验材料, 采用 3 种不同配方的 BioSuee 膜和普通 PE 保鲜膜进行包装处理, 模拟电商物流过程, 在室温 (20±1) °C 条件下进行贮藏。每隔 2 d 取 1 次样, 测定鲜杏果实的色差、腐烂率、硬度、质量损失率、可溶性固形物含量 (Soluble Solid Content, SSC)、相对电导率、可滴定酸 (Titratable Acidity, TA) 含量、维生素 C (Vitamin C, Vc) 含量、呼吸强度和乙烯释放量等指标的变化, 分析 BioSuee 膜对鲜杏果实贮藏品质的影响。**结果** 随着贮藏时间的延长, 采用 BioS-3 膜包装的鲜杏果实贮藏效果较好, 贮藏 10 d 时, 色差  $a^*$  值、腐烂率、硬度、质量损失率、SSC、相对电导率、TA、Vc、呼吸强度、乙烯释放量分别为 2.23±0.38, 10.44±2.05, (12.77±0.79)kg/cm<sup>2</sup>, (0.46±0.03)%, (11.60±0.56)%, (47.15±2.83)%, (1.81±0.18)%, (0.80±0.04)mg/kg, (19.56±0.54)mg/(kg·h), (12.65±3.10)μL/(kg·h)。**结论** 采用 BioS-3 膜包装鲜杏果实贮藏效果最显著, 可以有效地提高鲜杏果实采后贮藏品质, 延长鲜杏果实的贮藏保鲜时间。

**关键词:** BioSuee 膜; 鲜杏; 采后; 贮运品质

中图分类号: S609+3 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2020)13-0008-09

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.13.002

## Effects of BioSuee Films on the Post-harvest Quality of "Saimaiti" Apricots during Storage and Transportation

MENG Yu-kun<sup>1</sup>, WEI Jia<sup>2</sup>, WU Bin<sup>2</sup>, SUN Xue-sen<sup>3</sup>, MA Hui-shi<sup>3</sup>, WANG Wei-hua<sup>1</sup>

(1.College of Life Sciences, Tarim University, Alar 843300, China; 2.Institute of Commodity Storage and Processing, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830001, China; 3.Changzhou Bioleegen Ecotech Material Co., Ltd., Changzhou 213200, China)

**ABSTRACT:** The work aims to investigate the effect of BioSuee films on the quality of Xinjiang "Saimaiti" apricot during storage and transportation due to the phenomena of softening, wrinkling, and alcoholic fermentation of fresh apricot fruits during e-commerce logistics. Three BioSuee films of different formulas and ordinary PE films were used to package Xinjiang "Saimaiti" apricots to simulate the e-commerce logistics process and store them at (20±1)°C. Samples were taken every 2 days to determine the changes in color, decay rate, firmness, mass loss rate, soluble solid content (SSC), relative conductivity, titratable acidity (TA), vitamin C (Vc), respiration intensity and ethylene release of fresh apricot. The influences of BioSuee films on the quality of fresh apricot during storage were analyzed. With the extension of storage time,

收稿日期: 2020-01-18

基金项目: 国家重点研发项目 (2018YFD0401302)

作者简介: 孟玉昆 (1990—), 男, 塔里木大学硕士生, 主攻农产品贮藏与加工。

通信作者: 王伟华 (1977—), 女, 博士, 塔里木大学教授, 主要研究方向为食品营养与安全。

the fresh apricot packaged with BioS-3 film had better storage quality. On the 10th day of storage, the value of color  $a^*$ , decay rate, firmness, mass loss rate, SSC, relative conductivity, TA, Vc, respiration intensity and ethylene release were  $2.23\pm 0.38$ ,  $10.44\pm 2.05$ ,  $(12.77\pm 0.79)\text{kg}/\text{cm}^2$ ,  $(0.46\pm 0.03)\%$ ,  $(11.60\pm 0.56)\%$ ,  $(47.15\pm 2.83)\%$ ,  $(1.81\pm 0.18)\%$ ,  $(0.80\pm 0.04)\text{mg}/\text{kg}$ ,  $(19.56\pm 0.54)\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{h})$  and  $(12.65\pm 3.10)\mu\text{L}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ , respectively. Fresh apricots packaged with BioS-3 films have the most significant effect during storage, which can effectively improve the postharvest storage quality and prolong the storage time of fresh apricot fruits.

**KEY WORDS:** BioSuee film; apricot; postharvest; storage and transportation quality

新疆是我国鲜杏的最大产区, 杏产业已成为南疆林果业快速发展的重要支柱之一。鲜杏采收一般在每年的 6—7 月, 大量鲜杏集中在此期间上市。杏是典型的呼吸跃变型果实, 采后果实熟过程较快, 果实质地变软, 口感变差<sup>[1]</sup>, 最后无法卖出的杏果会大量腐烂, 造成采后损失。在室温条件下贮运, 鲜杏会失去水分, 迅速变软, 果肉呈败絮状, 不宜食用<sup>[2]</sup>, 因此鲜杏通常在低成熟度时采收, 冷藏一段时间后进入市场, 以延长供应期。目前, 电商物流是新疆鲜杏外销的主要方式之一, 鲜杏在贮运过程中的包装方式单一、温度不可控, 鲜杏到消费终端时品质劣变加剧, 无法保持果实原有的商品性。在电商物流过程中会伴随着“酒化”和“异味”等问题出现, 严重制约了新疆鲜杏的外运销售。物流包装保鲜技术已经成为制约新疆鲜杏快速外销的技术瓶颈, 如何提高鲜杏电商物流包装技术是目前急需解决的技术难题。目前, 不同的技术方法(例如亚精胺喷洒<sup>[2]</sup>、水杨酸处理<sup>[3]</sup>、一氧化氮气体熏蒸<sup>[4]</sup>等)均可以在一定程度上维持杏果实的采后品质, 延缓果实衰老进程。迄今为止, 适应于鲜杏电商物流包装技术的研究和应用还处于“空白地带”。功能包装材料可以保护果实免受微生物的侵染, 以及环境因素对果实品质的影响, 保持果实品质和食用安全, 延长果实的货架期<sup>[5-6]</sup>。生物降解材料包装(NVT-100)可以维持葡萄的品质, 且效果优于双向拉伸薄膜包装(OPP)<sup>[7]</sup>。BioSuee 是一种通过改变淀粉的极性、热塑性、疏水性, 并使之产生开环反应, 与烷烃聚合成多元嵌入式淀粉合金。BioSuee 膜是一种高分子材料, 具有生物全降解性能, 通过光敏反应或氧化诱导来控制膜的降解速率。Biosuee 膜可以完全降解, 不会造成环境污染。在可降解的基础上, 添加硅酸盐等材料可以提高和改变 Biosuee 膜的抑菌性, 但关于 Biosuee 膜在新疆鲜杏的电商物流包装保鲜方面的研究应用还鲜有报道。

由此, 文中拟以新疆“赛买提”杏为实验材料, 采用市售 PE 膜和 3 种 Biosuee 膜对鲜杏进行包装, 模拟电商物流过程, 分析杏果实采后品质的变化规律, 比较包装材料对杏果采后品质影响的差异性, 为维持赛买提杏采后贮运品质、延长货架期, 以及研究电商

物流包装保鲜技术商业化应用提供技术支持。

## 1 实验

### 1.1 材料与试剂

实验用赛买提杏于 2019 年 8 月采于新疆库车县赛买提杏果园, 采后立即运回, 置于新疆农业科学院农产品贮藏加工研究所的冷库中, 于  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  下预冷 24 h。挑选大小均一、无机械损伤、无病虫害的杏果实进行不同处理的包装实验, 每隔 2 天取 1 次样, 测定相关品质指标。

BioSuee 膜由新疆农业科学院和常州百利基生物材料科技有限公司共同研发, 包括 3 种不同的配方, BioS-1: 具有纯降解功能, 厚度为  $40\text{ }\mu\text{m}$ ; BioS-2: 具有降解和保鲜的功能, 厚度为  $50\text{ }\mu\text{m}$ ; BioS-3: 具有抑菌和保鲜的功能, 厚度为  $60\text{ }\mu\text{m}$ 。PE 保鲜膜购于新疆乌鲁木齐市某大型超市。

主要试剂: 草酸、抗坏血酸、2,6-二氯酚靛酚钠盐、碳酸氢钠、氢氧化钠、邻苯二甲酸氢钾、酚酞, 天津市光复科技发展有限公司; 乙醇, 天津市永大化学试剂有限公司。

### 1.2 仪器设备

主要仪器设备: GY-4 型数显果实硬度计, 艾德堡仪器有限公司; PAL-1 型数显糖度计, 日本 Atago 公司; P902 型电导率仪, 上海佑科仪器仪表有限公司; CR-10 型色差仪, 柯尼卡美能达控股公司; UV-2600 型紫外分光光度计, 日本岛津公司; A11 型研磨机, 广州 IKA 实验室技术有限公司。

### 1.3 处理方法

将实验材料于  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  下预冷 24 h 后, 随机分为 5 组, 每组约为 7.5 kg。分别采用市售普通 PE 膜, 以及 BioS-1, BioS-2, BioS-3 等 3 种不同配方的 BioSuee 膜对杏进行包装, 将无任何包装的作为空白对照组(CK)。每个包装袋内杏质量约为 0.5 kg, 约 11 个左右的杏果实, 每组设 3 个平行实验。将包装好的杏置于温度为  $(20\pm 1)\text{ }^{\circ}\text{C}$  的环境中, 每隔 2 d 对不同包装的杏果进行取样, 并测定其相关品质指标。

## 1.4 指标测定

### 1.4.1 色差

采用 CR-10 型色差仪测定。每次随机选择 5 个左右的果实,对杏果的阴阳面测定,记录其  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  值。

### 1.4.2 腐烂率

参考魏征等<sup>[8]</sup>的方法测定杏果的腐烂率。

腐烂率=(腐烂果实数量/果实总数量)×100%

### 1.4.3 硬度

采用 GY-4 型果实硬度计测定杏果的硬度。每次随机挑选 5 个左右的杏果,分别对其阴阳面进行测定。

### 1.4.4 质量损失率

参考魏征等<sup>[8]</sup>的方法。质量损失率=(杏果实初始质量-杏果实失水后质量)/(杏果实初始质量)×100%。

### 1.4.5 呼吸强度

呼吸强度参照曹建康等<sup>[9]</sup>的方法,采用碱液吸收法进行测定。

### 1.4.6 乙烯释放量

乙烯释放量参照 Zhou Yuan 等<sup>[10]</sup>的方法进行测定。称取约 500 g 赛买提杏,并放入密封的玻璃容器中,在温度为(20±1)°C条件下静置 1 h,抽取 1.0 mL 气体测定乙烯(C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)含量。乙烯释放量的单位为 μL/(kg·h)。

### 1.4.7 可溶性固形物含量

可溶性固形物含量采用 PAL-1 型数显折射仪进行测定。每次随机挑选杏果实,取部分果肉切碎,用纱布滤出清汁进行测定。

### 1.4.8 可滴定酸含量

可滴定酸含量参照曹建康<sup>[9]</sup>的方法,采用酸碱滴定法进行测定,以质量分数(%)表示。

### 1.4.9 维生素 C 含量

维生素 C 含量根据 GB 5009.86—2016 中的 2,6-二氯酚滴定法进行测定<sup>[11]</sup>,以 1 kg 样品中含有的抗坏血酸质量表示(mg/kg)。

### 1.4.10 相对电导率

相对电导率采用电导率仪法<sup>[12]</sup>进行测定。

## 1.5 数据分析方法

所有品质指标测定均重复 3 次,并取其平均值。使用 Sigma Plot 12.5 软件作图,采用 SPSS 20.0 进行数据分析,并利用 Duncan 法比较均值。 $P < 0.05$  表示差异显著, $P < 0.01$  表示差异极显著。

## 2 结果与讨论

### 2.1 不同包装膜对“赛买提”杏色泽的影响

果实色泽是判断果实成熟程度的重要依据<sup>[13]</sup>,常采用色空间  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  表示,其  $a^*$  值代表红绿, $a^*$  值从负到正代表果实颜色由绿到红的过程。由表 1 可知,贮藏过程中鲜杏果实的  $a^*$  值呈上升趋势。不同处理对鲜杏  $a^*$  值变化的影响有所差异。与 CK 组相比,市售 PE 膜和不同配方的 BioSuee 膜包装贮藏均能显著抑制鲜杏  $a^*$  值的上升。BioS-3 膜贮藏组鲜杏果实的  $a^*$  值在贮藏前 8 d 呈缓慢上升趋势;在贮藏 8 d 时  $a^*$  值仅为 -2.80;在贮藏 8~10 d 时, $a^*$  值迅速上升;在贮藏结束时,BioS-3 膜包装鲜杏果实的  $a^*$  值为 2.23,与 CK 和 PE 组相比,分别下降了 77.08% 和 65.53%。BioS-1 和 BioS-2 膜贮藏组的鲜杏果实在整个贮藏期内, $a^*$  值均上升迅速,至贮藏结束时两者的  $a^*$  值分别为 5.70 和 7.20, BioS-1 膜贮藏组比 CK 组和 PE 贮藏组鲜杏果实的  $a^*$  值分别下降了 41.42% 和 11.90%, BioS-2 贮藏组比 CK 组和 PE 贮藏组鲜杏果实的  $a^*$  值下降了 26% 和 24.88%。以上结果说明, BioSuee 膜延缓鲜杏果实的转色效果比较显著,其中 BioS-3 膜的效果更为明显。

$b^*$  表示黄蓝, $b^*$  值从负到正表示果实颜色变黄的过程。由表 1 可知,不同处理对鲜杏果实贮藏过程中  $b^*$  值的变化影响效果基本相似,均呈平缓上升趋势。在贮藏 4 d 时, BioS-3 膜包装鲜杏果实的  $b^*$  值为 38.73,比 CK 组及 PE 贮藏组鲜杏果实的  $b^*$  值分别下降了 6.83% ( $P < 0.05$ ) 和 3.90% ( $P < 0.05$ )。整体来看,不同的包装膜对鲜杏果实  $b^*$  值的影响不大 ( $P > 0.05$ )。

$L^*$  值反映果实表面色泽的亮度。由表 1 可知,随着鲜杏果实的采后衰老后熟,鲜杏果实的  $L^*$  值在贮藏期间呈上升趋势。这表明,鲜杏果实贮藏期间果皮的色泽亮度逐渐升高。在贮藏前期(2~6 d), BioS-3 膜包装鲜杏果实的  $L^*$  值显著低于 CK 组和 PE 贮藏组 ( $P < 0.05$ )。在贮藏后期(8~10 d),不同贮藏组鲜杏果实的  $L^*$  值差异性不显著 ( $P > 0.05$ )。

由以上结果可知,随着贮藏时间的延长,鲜杏果实的成熟度逐渐升高,同时色泽也会发生改变。其中,色差  $a^*$  值与鲜杏果实成熟度相关性比较大,随着成熟度的增加,色差  $a^*$  值逐渐升高。BioSuee 膜可以显著抑制色差  $a^*$  值的升高,延缓鲜杏果实的转色,其中 BioS-3 膜的效果更为明显。这与邓朝军<sup>[14]</sup>、马玄<sup>[15]</sup> 等研究的结论基本相似,表明鲜杏果实表面的红绿色差  $a^*$  值与果实成熟度相关性很大,呈正相关。

### 2.2 不同包装膜对“赛买提”杏腐烂率的影响

鲜杏果实的腐烂率是评价贮藏品质的一项重要指标。由图 1 可知,各贮藏组鲜杏果实的腐烂率呈上

表 1 不同包装膜对“赛买提”杏色泽的影响  
Tab.1 Effects of different packaging films on the color of "Saimaiti" apricot

指标	处理组	贮藏时间/d					
		0	2	4	6	8	10
$L^*$	CK	45.43±2.10 <sup>a</sup>	50.63±1.20 <sup>a</sup>	51.30±0.50 <sup>a</sup>	51.33±0.91 <sup>a</sup>	51.57±1.23 <sup>a</sup>	51.63±1.15 <sup>a</sup>
	PE	45.43±2.10 <sup>a</sup>	50.03±0.55 <sup>ab</sup>	50.70±0.96 <sup>a</sup>	50.70±1.74 <sup>ab</sup>	50.77±1.70 <sup>a</sup>	51.17±1.20 <sup>a</sup>
	BioS-1	45.43±2.10 <sup>a</sup>	49.40±1.37 <sup>ab</sup>	49.53±2.10 <sup>ab</sup>	49.97±1.14 <sup>ab</sup>	50.50±0.95 <sup>a</sup>	50.50±1.11 <sup>a</sup>
	BioS-2	45.43±2.10 <sup>a</sup>	47.27±2.02 <sup>ab</sup>	49.33±0.32 <sup>ab</sup>	49.60±1.30 <sup>ab</sup>	50.30±2.01 <sup>a</sup>	50.30±1.25 <sup>a</sup>
	BioS-3	45.43±2.10 <sup>a</sup>	46.70±3.08 <sup>b</sup>	47.67±1.81 <sup>b</sup>	49.27±0.55 <sup>b</sup>	49.57±0.87 <sup>a</sup>	49.77±0.35 <sup>a</sup>
	$a^*$	CK	-4.03±0.38 <sup>a</sup>	1.33±0.15 <sup>a</sup>	4.33±0.45 <sup>a</sup>	4.13±0.47 <sup>a</sup>	7.97±0.47 <sup>a</sup>
PE		-4.03±0.38 <sup>a</sup>	-2.07±1.12 <sup>b</sup>	-1.90±0.53 <sup>c</sup>	3.70±0.70 <sup>a</sup>	6.67±1.01 <sup>b</sup>	6.47±0.75 <sup>b</sup>
BioS-1		-4.03±0.38 <sup>a</sup>	-3.73±0.51 <sup>cd</sup>	-0.97±0.47 <sup>c</sup>	4.10±0.60 <sup>a</sup>	4.67±0.47 <sup>c</sup>	5.70±0.36 <sup>bc</sup>
BioS-2		-4.03±0.38 <sup>a</sup>	-2.70±0.60 <sup>bc</sup>	0.27±0.72 <sup>b</sup>	0.77±0.76 <sup>b</sup>	1.87±0.23 <sup>d</sup>	4.89±0.71 <sup>c</sup>
BioS-3		-4.03±0.38 <sup>a</sup>	-4.67±0.06 <sup>d</sup>	-3.57±0.35 <sup>d</sup>	-3.60±0.53 <sup>c</sup>	-2.80±0.66 <sup>c</sup>	2.23±0.38 <sup>d</sup>
$b^*$		CK	37.43±2.00 <sup>a</sup>	39.93±4.15 <sup>a</sup>	41.57±1.20 <sup>a</sup>	41.97±0.64 <sup>a</sup>	42.80±1.25 <sup>a</sup>
	PE	37.43±2.00 <sup>a</sup>	39.40±0.92 <sup>a</sup>	40.30±1.22 <sup>ab</sup>	39.57±1.15 <sup>a</sup>	40.47±1.00 <sup>a</sup>	40.40±2.88 <sup>a</sup>
	BioS-1	37.43±2.00 <sup>a</sup>	39.83±1.12 <sup>a</sup>	40.00±1.25 <sup>ab</sup>	40.03±0.50 <sup>a</sup>	40.70±2.01 <sup>a</sup>	41.57±0.87 <sup>a</sup>
	BioS-2	37.43±2.00 <sup>a</sup>	39.03±0.57 <sup>a</sup>	40.23±0.60 <sup>ab</sup>	41.57±2.26 <sup>a</sup>	40.57±1.37 <sup>a</sup>	41.23±1.86 <sup>a</sup>
	BioS-3	37.43±2.00 <sup>a</sup>	39.37±1.59 <sup>a</sup>	38.73±1.50 <sup>b</sup>	39.63±1.17 <sup>a</sup>	40.37±1.50 <sup>a</sup>	39.70±0.66 <sup>a</sup>

注：同列小写字母代表在  $P<0.05$  水平下有显著性差异

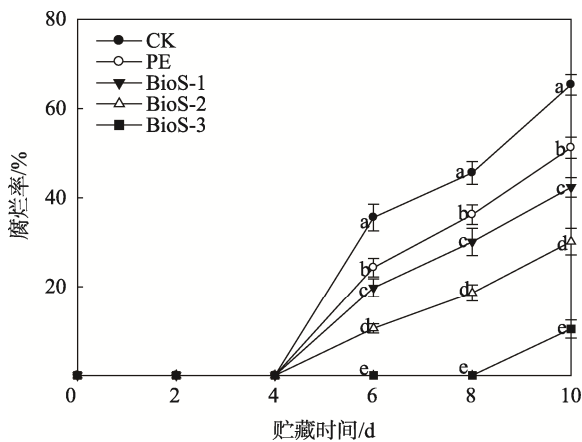


图 1 不同包装膜对“赛买提”杏腐烂率的影响  
Fig.1 Effect of different packaging films on decay rate of "Saimaiti" apricot

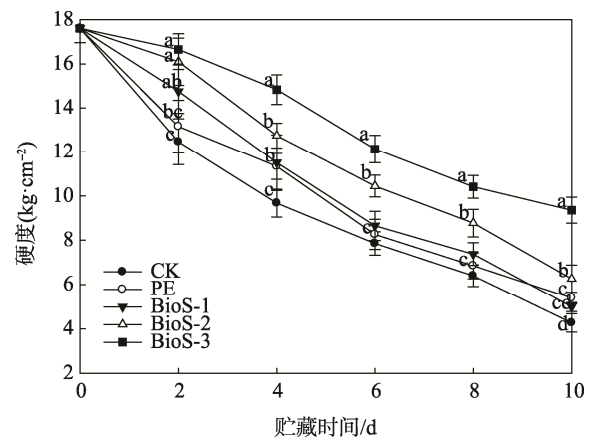


图 2 不同包装膜对“赛买提”杏硬度的影响  
Fig.2 Effects of different packaging films on firmness of "Saimaiti" apricot

升趋势，并且有显著性差异 ( $P<0.05$ )。除 BioS-3 膜贮藏组外，其他组在贮藏第 6 天时均出现了腐烂果，CK 贮藏组鲜杏果实的腐烂率达到 35.60%。直至贮藏结束时，BioS-3 膜包装的鲜杏果实才出现腐烂果，其腐烂率为 10.44%，比 CK 组及 PE 贮藏组鲜杏果实的腐烂率分别降低了 84.02%和 79.62%。由此可以说明，BioS-3 膜可以更好地保持鲜杏果实的贮藏品质，降低果实的腐烂率。

### 2.3 不同包装膜对“赛买提”杏硬度的影响

硬度是直观反映果实品质的重要指标。由图 2 可

以看出，在整个贮藏期间，不同处理组鲜杏果实的硬度均呈现下降趋势。这是由于随着贮藏期的延长，鲜杏果实进入衰老期，营养物质和细胞壁逐渐降解，细胞膨压不断下降所致<sup>[16]</sup>。其中，CK 组鲜杏果实的硬度下降得最快，呈直线下降趋势，硬度下降至 $(4.26\pm 0.42)\text{kg}/\text{cm}^2$ 。BioS-3 膜包装的鲜杏果实整体下降速率比较缓慢，说明 BioS-3 膜可以有效抑制鲜杏果实在贮藏期间硬度的下降。在贮藏结束时，CK 组、PE 贮藏组鲜杏果实的硬度显著低于 BioS-3 膜贮藏组 ( $P<0.05$ )，分别降低了 54.45%和 42.45%。由此可知，BioS-3 膜可以有效地保持鲜杏果实的硬度。

### 2.4 不同包装膜对“赛买提”杏质量损失率的影响

果实的质量损失率可作为评价果实品质变化的指标之一。由图3可知,不同处理组鲜杏果实的质量损失率均呈上升趋势。在贮藏期间,不同的包装膜与CK贮藏组均有显著性差异( $P<0.05$ ),其中BioS-3膜包装的鲜杏果实质量损失率变化速率较缓慢,说明BioS-3膜能够阻碍水分的蒸发作用,对鲜杏果实有一定的持水和保水作用。在贮藏4d时,BioS-3膜包装鲜杏果实的质量损失率为(0.09±0.08)%,与CK组及PE贮藏组有显著性差异( $P<0.05$ ),并且比CK组及PE贮藏组鲜杏果实的质量损失率分别降低了95.15%和85.27%。在贮藏后期(6~10d),BioS-1膜包装鲜杏果实的质量损失率呈上升趋势,达到(1.15±0.09)%,比CK贮藏组降低了60.44% ( $P<0.05$ )。可以看出,BioSuec膜可以有效地延缓鲜杏果实质量损失率的降低,其中BioS-3膜的延缓效果更好。原因可能是BioS-3膜中加入了硅酸盐材料,硅酸盐材料具有吸附乙烯和二氧化碳等气体的作用,降低了果实贮藏环境的乙烯和二氧化碳含量,因而延缓了果实成熟衰老的进程,抑制了水分的挥发。BioS-1膜是纯降解功能膜,不具有吸附气体分子的作用,无法延缓果实成熟衰老的进程,不能抑制果实水分和质量的减少;BioS-1膜中还含有较多的淀粉基材料,淀粉基材料也具有吸附水分的作用,这也可能是造成果实水分减少和质量降低的另一个因素<sup>[17]</sup>。

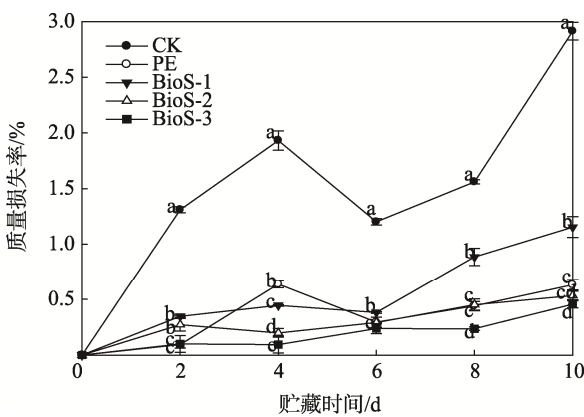


图3 不同包装膜对“赛买提”杏质量损失率的影响  
Fig.3 Effect of different packaging films on mass loss rate of "Saimaiti" apricot

### 2.5 不同包装膜对“赛买提”杏呼吸强度的影响

鲜杏果实在电商物流贮运中后期,极易发生软化、果肉疏松、风味下降等感官变化,造成杏果实的品质下降<sup>[18]</sup>,由此可见,呼吸强度是影响鲜杏果实品质特性的一项关键性指标。由图4可知,不同贮藏组

鲜杏果实的呼吸强度变化基本相似,呈现先上升后下降的趋势,造成这种趋势的原因主要是杏果实属于呼吸跃变型果实。在贮藏4d时,CK组和PE贮藏组出现了呼吸高峰,达到了(49.48±1.02)mg/(kg·h)和(45.14±0.72)mg/(kg·h),分别比BioS-3膜贮藏组升高了41.08%和35.42%。同时,BioS-2和BioS-3膜贮藏组鲜杏果实的呼吸强度也显著低于PE贮藏组( $P<0.05$ )。在贮藏6d时,BioSuec膜贮藏组的鲜杏果实均出现了呼吸高峰,其中BioS-1膜包装的鲜杏果实呼吸强度达到了(41.21±0.71)mg/(kg·h),分别比BioS-2和BioS-3膜贮藏组鲜杏果实的呼吸强度升高了6.19%和12.05%。结果说明,BioSuec膜可以推迟鲜杏果实的呼吸高峰,减弱其呼吸强度,保持鲜杏果实的品质,其中BioS-3膜对鲜杏果实的呼吸强度抑制作用更显著。果实呼吸作用与水分散失密切相关,BioS-3膜在抑制水分散失的同时,还降低了果实的呼吸作用。

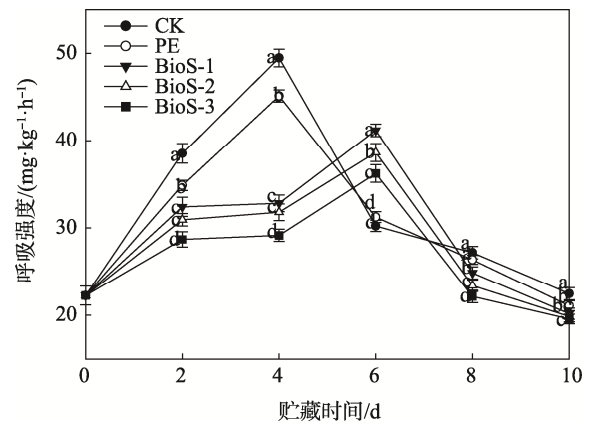


图4 不同包装膜对“赛买提”杏呼吸强度的影响  
Fig.4 Effects of different packaging films on respiration intensity of "Saimaiti" apricot

### 2.6 不同包装膜对“赛买提”杏乙烯释放量的影响

乙烯是导致鲜杏果实衰老的主要原因之一。乙烯释放量是反应果实衰老特性的一项关键性指标。由图5可知,不同贮藏组鲜杏果实的乙烯释放量变化基本相似,呈现先上升后下降的趋势。在贮藏4d时,CK组和PE贮藏组鲜杏果实的乙烯释放量出现了最高峰,达到了(144.99±2.48) $\mu$ L/(kg·h)和(136.53±2.84) $\mu$ L/(kg·h),分别比BioS-3膜贮藏组升高了51.43%和48.42%。同时,BioS-2膜和BioS-3膜贮藏组鲜杏果实的乙烯释放量也显著低于PE贮藏组( $P<0.05$ )。在贮藏6d时,BioSuec膜贮藏组鲜杏果实的乙烯释放量才均出现了呼吸高峰,其中BioS-3膜包装鲜杏果实的乙烯释放量为(81.23±3.50) $\mu$ L/(kg·h),分别比BioS-1膜和BioS-2膜贮藏组鲜杏果实的乙烯释放量



降低了 49.79%和 38.79%。由此可见，BioSuee 膜能显著降低鲜杏果实采后的乙烯释放量，抑制果实后熟，其中 BioS-3 膜能明显抑制鲜杏果实的乙烯释放量。BioS-3 膜中加入了一定的硅酸盐材料，硅酸盐材料的吸附作用可以显著降低果实贮藏环境中的乙烯浓度，因此 BioS-3 膜具有吸附乙烯的作用，从而延缓了鲜杏果实的衰老进程。

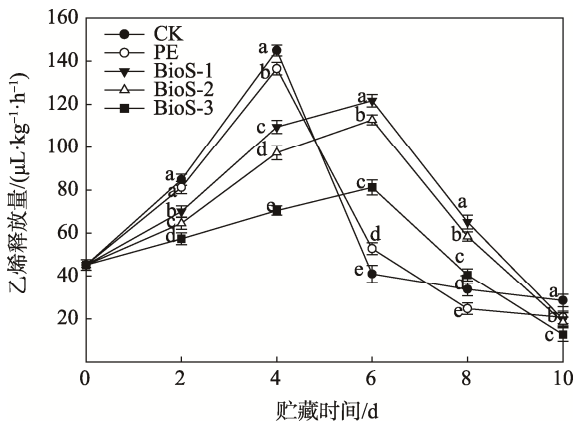


图 5 不同包装膜对“赛买提”杏乙烯释放量的影响  
Fig.5 Effects of different packaging films on the ethylene release of "Saimaiti" apricot

### 2.7 不同包装膜对“赛买提”杏可溶性固形物含量的影响

可溶性固形物 (SSC) 含量是评价果实品质的重要指标之一。由图 6 可知，在鲜杏果实的整个贮藏期间，不同处理组的 SSC 含量均呈先上升后下降的趋势。这是因为杏果是典型的呼吸跃变型果实，在贮藏前期随着成熟度的增加，SSC 含量逐渐升高；在贮藏后期，由于果实呼吸消耗了糖类营养物质，使得 SSC 含量下降<sup>[19]</sup>。在贮藏 4 d 时，各贮藏组的 SSC 含量达到最大值，CK 组达到了(17.13±0.29)%，分别比 BioS-1，BioS-2，BioS-3 膜贮藏组升高了 25.10% ( $P<0.05$ )，17.12% ( $P<0.05$ )，13.42% ( $P<0.05$ )。在贮藏 8 d 时，CK 贮藏组鲜杏果实的 SSC 含量降低到(9.73±0.47)%，分别比 BioS-1，BioS-2，BioS-3 膜贮藏组降低了 9.88% ( $P<0.05$ )，16.09% ( $P<0.05$ )，20.44% ( $P<0.05$ )。这一结果表明，BioSuee 膜均可延缓鲜杏果实 SSC 含量的降低，较好地保持了杏果实的风味。其中 BioS-3 膜处理的效果最佳，鲜杏果实在贮藏期间品质的好坏与其 SSC 含量有关，此结论与马琳等<sup>[20]</sup>研究杏梅贮藏品质与果实 SSC 关系的结论基本相似。

### 2.8 不同包装膜对“赛买提”杏相对电导率的影响

相对电导率作为衡量膜透性的主要指标，也是反映果实成熟软化的重要指标之一。由图 7 可知，随着

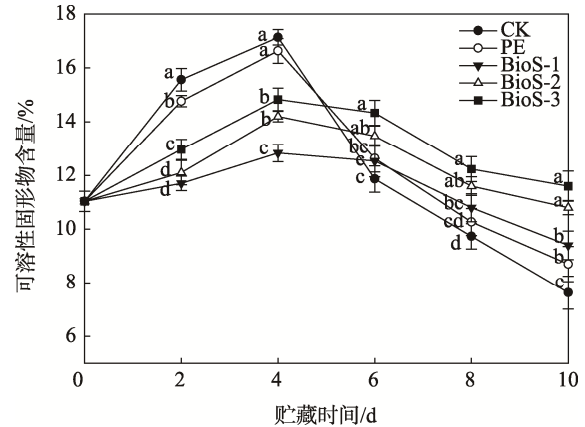


图 6 不同包装膜对“赛买提”杏可溶性固形物含量的影响  
Fig.6 Effects of different packaging films on soluble solids content of "Saimaiti" apricot

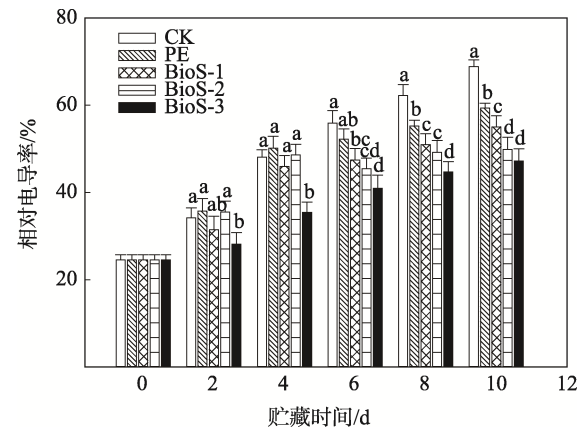


图 7 不同包装膜对“赛买提”杏相对电导率的影响  
Fig.7 Effect of different packaging films on relative conductivity of "Saimaiti" apricot

贮藏时间的增加，不同处理的鲜杏果实的相对电导率呈上升趋势。在贮藏前 4 d，相对电导率上升的速率比较缓慢，但是 BioS-3 膜包装的鲜杏果实相对电导率显著低于其他处理组 ( $P<0.05$ )。在贮藏 6~10 d 时，不同包装鲜杏果实的相对电导率有显著性差异 ( $P<0.05$ )。至贮藏结束时，BioS-3 膜包装的鲜杏果实相对电导率为(47.15±2.83)%，分别比 CK 组和 PE 贮藏组鲜杏果实的相对电导率降低了 31.49% ( $P<0.05$ )和 20.48% ( $P<0.05$ )，BioS-1 和 BioS-2 膜包装鲜杏果实的相对电导率均显著低于 CK 组和 PE 贮藏组 ( $P<0.05$ )。此结果说明，随着果实的不断衰老，鲜杏果实的细胞膜透性也不断增加。BioSuee 膜可以显著抑制鲜杏果实的软化，有效维持细胞膜透性。其中，BioS-3 膜能更好地维持鲜杏果实的细胞膜透性，这与刘璐等<sup>[21]</sup>研究的结论基本相似。

### 2.9 不同包装膜对“赛买提”杏可滴定酸含量的影响

可滴定酸 (TA) 是指果实中游离态的酸<sup>[22]</sup>，如

苹果酸、柠檬酸等,酸是水果风味中必不可少的物质。由图 8 可知,随着贮藏时间的增加,鲜杏果实的 TA 含量呈下降趋势。这是由于鲜杏果实在贮藏过程中,其有机酸通过生理代谢转化成其它物质,造成 TA 含量呈下降趋势<sup>[23]</sup>。在贮藏前期(2 d),BioS-3 膜贮藏组鲜杏果实的 TA 含量为(2.77±0.11)%,显著高于其他处理组,分别比 CK 组和 PE 贮藏组鲜杏果实的 TA 含量降低了 25.73% ( $P<0.05$ ) 和 20.00% ( $P<0.05$ )。在贮藏中期(4~8 d),不同贮藏组鲜杏果实 TA 含量的下降趋势变缓,但是 BioS-3 膜贮藏组一直显著高于 CK 贮藏组 ( $P<0.05$ )。在贮藏结束时,3 种不同配方 BioSuee 膜包装的鲜杏果实 TA 含量的差异性不显著 ( $P>0.05$ ),但均显著高于 CK 组和 PE 贮藏组 ( $P<0.05$ )。由实验结果可知,BioSuee 膜对鲜杏果实贮藏期间的 TA 含量有一定的抑制作用,减弱了鲜杏果实的呼吸强度<sup>[24]</sup>,降低了呼吸代谢中有机酸的消耗量。

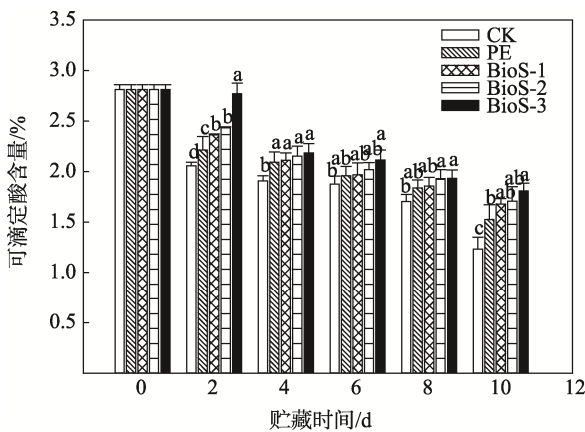


图 8 不同包装膜对“赛买提”杏可滴定酸含量的影响  
Fig.8 Effect of different packaging films on titratable acid content of "Saimaiti" apricot

### 2.10 不同包装膜对“赛买提”杏 Vc 含量的影响

Vc 含量是评估水果营养品质和贮藏效果的重要指标<sup>[10]</sup>。由图 9 可知,不同贮藏组的鲜杏果实 Vc 含量在贮藏期间均呈下降趋势,其中 BioS-3 膜包装的鲜杏果实 Vc 含量下降趋势比较缓慢。在贮藏 4 d 时,3 种不同的 BioSuee 膜贮藏组鲜杏果实的 Vc 含量有显著性差异,BioS-1, BioS-2, BioS-3 膜包装鲜杏果实的 Vc 含量分别为(1.04±0.09)mg/kg, (1.21±0.08)mg/kg, (1.41±0.05)mg/kg,比 PE 贮藏组鲜杏果实的 Vc 含量分别升高了 47.30% ( $P<0.05$ ), 54.78% ( $P<0.05$ ), 61.29% ( $P<0.05$ )。至贮藏结束时,BioS-1 和 BioS-2 膜贮藏组鲜杏果实的 Vc 含量无显著性差异 ( $P>0.05$ ),但显著高于 CK 组和 PE 贮藏组 ( $P<0.05$ )。说明随着贮藏时间的延长,鲜杏果实的

Vc 含量逐渐降低,BioSuee 膜能够保持鲜杏果实贮藏期间的 Vc 含量,保持果实的新鲜度,其中,BioS-3 膜的效果最佳。

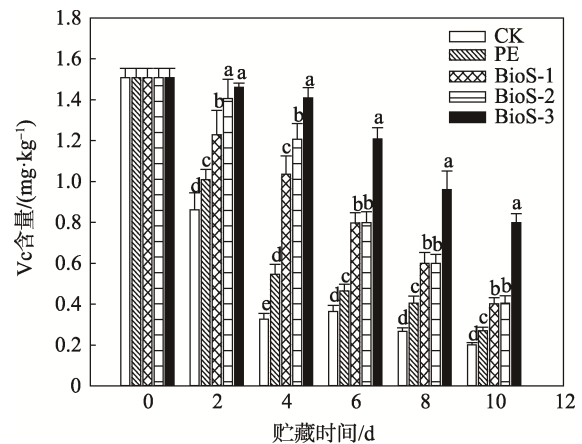


图 9 不同包装膜对“赛买提”杏 Vc 含量的影响  
Fig.9 Effect of different packaging films on Vc content of "Saimaiti" apricot

通过 BioSuee 膜和普通市售 PE 膜包装处理对鲜杏果实贮藏期间色差、腐烂率、硬度、质量损失率、相对电导率变化的影响研究发现,在色泽变化方面,采用 BioSuee 膜包装贮藏能显著抑制鲜杏色差  $a^*$  值的上升,延缓鲜杏果实的转色速率,其中 BioS-3 膜的效果更为明显。在贮藏期间,鲜杏果实的硬度和含水量存在一定关系,衰老期的鲜杏果实水分蒸发速率加快,果实硬度下降。BioS-3 膜可以有效抑制鲜杏果实在贮藏期间硬度的下降,阻碍水分的蒸发,对鲜杏果实有着一定的持水和保水作用。随着鲜杏果实贮藏期的延长,由于鲜杏果实易被病菌感染等,果实本身细胞壁逐渐被降解,造成果实细胞膜透性升高,从而出现了病害等现象。BioS-3 膜可以显著抑制鲜杏果实的软化,有效维持细胞膜透性,减少腐烂果的发生。

同时,BioSuee 膜可以抑制鲜杏果实的呼吸强度和乙烯释放量的产生,明显地推迟呼吸强度和乙烯释放量最高峰的出现时间,延缓鲜杏果实的后期衰老,其中 BioS-3 膜的效果最佳。在贮藏期间,鲜杏果实的 SSC 含量呈先上升后下降的趋势,TA 和 Vc 含量呈下降趋势。这种变化是因为随着鲜杏果实采后生理代谢活动的进行,在贮藏过程中淀粉等大分子物质先分解成小分子的糖等物质,引起 SSC 含量的上升。鲜杏的生理代谢活动同时又不不断消耗营养物质,导致三者含量呈下降趋势<sup>[25]</sup>。BioSuee 膜可以有效维持鲜杏果实的生理代谢平衡,使得各营养成分的变化趋于均匀,可以较好地保持鲜杏果实贮藏期间的 SSC 含量和 Vc 含量,抑制了 TA 含量的升高,其中,BioS-3 膜的作用效果最为显著。

### 3 结语

通过研究可知,相比于 CK 组和普通市售 PE 贮藏组而言, BioSuee 膜可以明显地延缓鲜杏果实果皮色泽和转色进程,降低果实的腐烂率,抑制果实水分的散失和硬度的下降,保持果实的可溶性固形物含量,减缓可滴定酸和维生素 C 含量的降低。在鲜杏果实采后后熟过程中, BioSuee 膜在降低鲜杏果实的呼吸强度和乙烯释放量上也有较好的效果,能够推迟呼吸和乙烯释放的高峰,抑制呼吸强度和乙烯释放量。BioS-3 膜相比于 BioS-1 和 BioS-2 膜,可以更好地起到延缓鲜杏果实衰老的作用,延长鲜杏果实的贮藏保鲜时间。文中研究可为新疆鲜杏采后电商物流包装保鲜技术的研究提供理论依据。

#### 参考文献:

- [1] MIRABDULBAGHII M. Impact of pre Harvest Application of  $\text{CaCl}_2$  on Mineral Contents and Chemical Attributes of Fruit; Iranian Apricot (*Prunus Armeniaca* L)[J]. International Journal of AgriScience, 2013, 3(2): 133—148.
- [2] STANLEY J, PRAKASH R, MARSHALL R, et al. Effect of Harvest Maturity and Cold Storage on Correlations between Fruit Properties during Ripening of Apricot (*Prunus Armeniaca* L)[J]. Postharvest Biology and Technology, 2013, 82: 39—50.
- [3] ZHU X, HOU Y Y, JIA Y, et al. Effect of Salicylic Acid Treatment on Cell Ultrastructure of Apricot Fruit during Cold Storage[J]. Food Science, 2014, 35(14): 193—197.
- [4] 温昕晔, 李洁, 张辉, 等. 一氧化氮对新疆小白杏采后抗氧化相关酶活性的影响[J]. 食品科技, 2014(1): 47—51.  
WEN Xi-ye, LI Jie, ZHANG Hui, et al. Effects of Nitric Oxide Treatment on Antioxidant Enzymes of 'Xiaobai' Apricot during Storage[J]. Food Science and Technology, 2014(1): 47—51.
- [5] 蒋佳男, 李海登, 李喜宏, 等. 纳米  $\text{TiO}_2$  可降解包装材料对葡萄的保鲜效果研究[J]. 包装工程, 2019, 40(21): 1—6.  
JIANG Jia-nan, LI Hai-deng, LI Xi-hong, et al. Preservation Effect of Nano- $\text{TiO}_2$  Degradable Packaging Materials on Grapes[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(21): 1—6.
- [6] 蒋依辉, 黄泽鹏, 刘伟, 等. 电商物流包装贮运对‘翡翠’荔枝贮藏品质的影响[J]. 食品工业科技, 2019, 40(18): 249—254.  
JIANG Nong-hui, HUANG Ze-peng, LIU Wei, et al. Effect of E-commerce Logistics Packaging and Transportation on the Storage Quality of 'Feicui' Litchi[J]. Food Industry Science and Technology, 2019, 40(18): 249—254.
- [7] NOBILE M A D, CONTE A, SCROCCO C, et al. A Study on Quality Loss of Minimally Processed Grapes as Affected by Film Packaging[J]. Postharvest Biology and Technology, 2009, 51(1): 21—26.
- [8] 魏征, 张政, 魏佳, 等. 水杨酸雾化熏蒸对新疆小白杏采后贮藏品质的影响[J]. 现代食品科技, 2020, 36(01): 113—119.  
WEI Zheng, ZHANG Zheng, WEI Jia, et al. Effects of Salicylic Acid Spray Fumigation on Postharvest Quality of Xinjiang Xiaobai Apricot[J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(1): 113—119.
- [9] 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: 28—50.  
CAO Jian-kang, JIANG Wei-bo, ZHAO Yu-mei. Experiment Guidance of Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2007: 28—50.
- [10] ZHOU Y, HE W, ZHENG W, et al. Fruit Sugar and Organic Acid Were Significantly Related to Fruit Mg of Six Citrus Cultivars[J]. Food Chemistry, 2018, 259(4): 278—285.
- [11] GB 5009. 86—2016, 食品中抗坏血酸的测定[S].  
GB 5009. 86—2016, Determination of Ascorbic Acid in Food[S].
- [12] ZHOU R, LI Y, YAN L, et al. Effect of Edible Coatings on Enzymes, Cell-membrane Integrity, and Cell-wall Constituents in Relation to Brittleness and Firmness of Huanghua Pears (*Pyrus Pyrifolia Nakai*, cv Huanghua) during Storage[J]. Food Chemistry, 2011, 124(2): 569—575.
- [13] 马琳. 壳寡糖复合其他保鲜剂对杏果贮藏品质的影响[D]. 北京: 中国农业大学, 2015: 26—28.  
MA Lin. Effects of Chitosan Oligosaccharides in Combined with other Preservative Agents on Post-harvest Quality of Apricot Fruits(*Prunus Armeniaca* L)[D]. Beijing: China Agricultural University, 2015: 26—28.
- [14] 邓朝军, 吴琼, 许奇志, 等. 不同成熟度‘贵妃’枇杷果实色泽与糖酸含量关系[J]. 热带作物学报, 2016, 37(9): 1747—1751.  
DENG Chao-jun, WU Qiong, XU Qi-zhi, et al. Relationship Between Colour and the Contents of Sugar and Acid in Different Maturity of Loquat Cultivar Guifei[J]. Acta Tropicalis Sinica, 2016, 37(9): 1747—1751.
- [15] 马玄, 朱璇, 赵亚婷, 等. 不同成熟度杏果实组织的结构变化与絮败关系[J]. 食品与发酵工业, 2015(8): 207—211.  
MA Xuan, ZHU Xuan, ZHAO Ya-ting, et al. Studies on the Effect of Tissue Structure at Different Maturity on Woolly Breakdown of Apricot Fruits[J]. Food and Fermentation Industry, 2015(8): 207—211.



- [16] QUOC N B, BAO CHAU N N. The Role of Cell Wall Degrading Enzymes in Pathogenesis of Magnaporthe oryzae[J]. Current Protein and Peptide Science, 2017, 18(10): 1—16.
- [17] AVEROUS L, FRINGANT C, MORO L. Starch-based Biodegradable Materials Suitable for Thermoforming Packaging[J]. Starch-Starke, 2001, 53(8): 368—371.
- [18] 杨婷婷, 舒臻, 陈恺, 等. 不同成熟度“赛买提”杏果贮藏期间风味品质的变化[J]. 食品工业科技, 2016, 37(9): 311—316.  
YANG Ting-ting, SHU Zhen, CHEN Kai, et al. Changes of the Flavor Quality in Different Maturity of "Saimaiti Apricot Fruit during Storage[J]. Food Industry Science and Technology, 2016, 37(9): 317—322.
- [19] ZHU S, SUN L, LIU M, et al. Effect of Nitric Oxide on Reactive Oxygen Species and Antioxidant Enzymes in Kiwifruit during Storage[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2008, 88(13): 2324—2331.
- [20] 马琳, 张雄峰, 许丽敏, 等. 不同贮藏温度对杏梅贮藏品质的影响[J]. 食品工业科技, 2015, 36(21): 337—340.  
MA Lin, ZHANG Xiong-feng, XU Li-min, et al. Effects of Storage Temperature on Post-harvest Quality of *Prunus Armeniaca* L Fruit during Storage[J]. Food Industry Science and Technology, 2015, 36(21): 337—340.
- [21] LIU L, ZHANG Q, ZHAO X M. Influence of Ozone on Storage and Fresh-keeping of Saimaiti Apricot[J]. 2010, 47(4): 756—760.
- [22] DVOŘÁČEK V, JANOVSÁ D, PAPOUŠKOVÁ L, et al. Post-harvest Content of Free Titratable Acids in the Grain of Proso Millet Varieties (*Panicum Milliaceum* L), and Changes during Grain Processing and Storage[J]. Czech Journal of Genetics & Plant Breeding, 2018, 46(Special Issue): S90—S95.
- [23] PAN Y, CHE F, DONG C, et al. Effects of Simulated Transport Vibration on Respiratory Pathways and Qualities of Xinjiang Apricot Fruit[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2015, 31(3): 325—331.
- [24] GAO C I, LI Y C, BI Y, et al. Effects of Sodium Selenite Treatment on Black Spot Disease and Storage Quality of Postharvest Apricot Fruit[J]. Food Science, 2016, 37(14): 258—263.
- [25] 张慧琴, 谢鸣, 张琛, 等. 猕猴桃果实发育过程中淀粉积累差异及其糖代谢特性[J]. 中国农业科学, 2014, 47(17): 3453—3464.  
ZHANG Hui-qin, XIE Ming, ZHANG Chen, et al. Difference in Starch Accumulation and Characterization of Sugar Metabolism During Fruit Development of Kiwi Fruit[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2014, 47(17): 3453—3464.