

南瓜贮藏期果实品质动态变化规律探究

闫晓文, 刘振威, 孙 丽, 李新峥

(河南科技学院园艺园林学院 河南新乡 453003)

摘要: 为了解南瓜贮藏期维生素 C 含量、果胶含量、可溶性固形物含量等果实品质的变化规律, 以百蜜 3 号和百蜜 5 号南瓜为试验材料, 对南瓜果实采后 10~60 d 内的生理指标进行动态测定, 以期为南瓜果实食用期的选择和原料加工利用提供理论依据。结果表明, 随着贮藏时间的延长, 2 个品种的维生素 C 含量、果胶含量呈下降趋势, 可溶性固形物含量呈先下降后上升再下降趋势, 失重率呈上升趋势。2 个品种的维生素 C 含量与果胶含量、失重率与丙二醛含量呈极显著正相关。在采后贮藏 40 d 内可溶性固形物含量相对较高, 丙二醛含量积累较少, 果实品质处于较好的状态。

关键词: 南瓜; 贮藏期; 果实品质; 变化规律

中图分类号: S642.1

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2022)10-047-06

Dynamic changes of pumpkin fruit quality during storage

YAN Xiaowen, LIU Zhenwei, SUN Li, LI Xinzheng

(School of Horticulture and Landscape Architecture, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang 453003, Henan, China)

Abstract: In order to understand the changes of soluble sugar content, pectin content, starch content and other fruit quality during the storage period of pumpkin, the physiological indexes of pumpkin fruits were dynamically determined from 10 to 60 d after harvesting, using BaiMi 3 and BaiMi 5 pumpkins as experimental materials, in order to provide a theoretical basis for the selection of the consumption period of pumpkin fruits and the processing and utilization of raw materials. The results showed that with the extension of storage time, the contents of vitamin C, pectin in both varieties decreased continuously, the contents of soluble solids decreased first and then increased and afterward decreased, the weight loss rate content increased continuously. Correlation analysis showed that a highly significant positive correlation was found between the contents of vitamin C and pectin, weight loss and the contents of MDA for the two varieties. The contents of soluble solids and β -carotene were higher within 40 days of postharvest storage, and the accumulation of MDA content was lower, indicating a good condition of the fruit quality.

Key words: Pumpkin; Storage period; Fruit quality; Change law

南瓜(*Cucurbita moschata* Duch.)别名北瓜、倭瓜,是葫芦科南瓜属的一年生草本植物,起源于美洲^[1]。南瓜生长适应性强,易于管理且种植效益好,在我国得到了广泛的种植^[2-3]。目前,我国是世界上南瓜第二生产大国。据中国园艺学会南瓜研究分会 2020 年统计,中国南瓜种植面积 28.8 万 hm^2 ,产量 1126 万 t。近年来,随着科学研究的深入,南瓜的食用和保健价值不断被人们认识,南瓜果实含有丰富的 β -胡萝卜素、粗纤维和多种微量元素等成分,具有很高的食用价值;同时,南瓜具有降血糖、解毒和消除致癌物质等药用功效^[4-6]。

目前对南瓜的研究主要集中在新品种选育、栽

培技术以及抗病性等方面,而对南瓜采后贮藏方面报道较少^[7-9]。南瓜采收期多集中在 7—8 月份高温季节,低温贮藏有助于延缓南瓜果实品质的下降,延长果实的贮藏时间,从而延长果实食用期。近年来南瓜生产和开发有较快发展,加工企业需要延长南瓜贮藏期来调节生产和控制成本。目前关于南瓜果实品质在贮藏过程中的动态变化尚未见报道。笔者以百蜜 3 号和百蜜 5 号为试材,研究不同品种南瓜在相同贮藏时间内果实品质的变化及其关键时间节点,为南瓜果实适宜食用期的选择和原料加工利用提供理论依据,同时为耐贮型南瓜品种的选择提供理论依据。

收稿日期:2022-04-01;修回日期:2022-06-08

基金项目:2020年度河南省重大公益专项(201300111300);河南省大宗蔬菜产业体系岗位专家专项(S2021-03-G09)

作者简介:闫晓文,女,在读硕士研究生,研究方向为南瓜种质资源与新品种选育。E-mail:1363424136@qq.com

通信作者:刘振威,男,副教授,研究方向为植物生理生态研究等工作。E-mail:sunli0001977@126.com

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为河南科技学院南瓜课题组选育的南瓜新品种百蜜3号(简称为BM3)和百蜜5号(简称为BM5),2021年种植于河南科技学院南瓜基地,供试品种株行距1.0m×3.0m,南北行向,土、肥、水常规管理。在坐果后45d左右,果皮由绿色转变为橘黄色时采收,采收后挑选果形大小一致、无病虫害、无机械损伤且成熟度基本一致的果实作为试验材料。

挑选最具代表各品种的果实测定果实性状,果实横径、纵径及果心横径、纵径用卡尺测定,果肉厚度用游标卡尺测定,果实纵径和横径的比值为果形指数。百蜜3号和百蜜5号的外在品质特征如表1所示。

主要仪器有:手持糖量计、紫外可见分光光度计、数控超声波清洗器、干燥箱、粉碎机等。

1.2 试验方法

2021年8月初将供试南瓜材料采收后置于15~17℃、湿度60%~80%的环境下贮藏。采收当天每个品种挑选10个南瓜进行称质量并做标记贮藏,记录失重率。贮藏10、20、30、40、50、60d时分

别对各品种取样进行相关指标测定和记录,取样时每个品种随机挑选6个南瓜,洗净,取靠近果心部位的果实一部分切成小块用高速粉碎机打成均匀的果浆,磨后测定可溶性糖、淀粉、维生素C、丙二醛和β-胡萝卜素含量;一部分切成南瓜丝,在100℃的水中煮5min,灭酶后于75℃的烘箱中烘干,用高速粉碎机粉碎成南瓜粉,过60目筛,于-80℃的冰箱中保存,用于测定果胶含量。试验设置3次重复。

1.3 测定项目

1.3.1 果实生理指标测定 采用蒽酮比色法测定可溶性糖含量^[10],采用2,6-二氯酚靛酚滴定法测定维生素C含量^[10],采用酸水解法测定淀粉含量^[11],采用比色法测定β-胡萝卜素含量^[10],采用超声波辅助法提取果胶含量^[12],采用硫代巴比妥酸法测定丙二醛含量^[11]。

1.3.2 可溶性固形物含量测定 采用手持糖量计在果实切开处均匀取3处靠近果腔处的果肉测定果实可溶性固形物含量。

1.3.3 失重率测定 以10个果实为样品,在采收后测定原始单果质量,在不同贮藏时期分别测定果实质量,计算失重率。

失重率/%=(原始单果质量-贮藏后单果质量)/原始单果质量×100。

表1 2个南瓜品种果实外在品质特征

品种	果实横径/cm	果实纵径/cm	果形指数	果心横径/cm	果心纵径/cm	果肉厚度/mm
百蜜3号	11.02±1.18	19.07±2.94	1.73±0.19	6.65±0.57	14.27±2.52	18.78±2.76
百蜜5号	14.53±2.01	19.00±2.54	1.31±0.19	8.63±1.78	13.53±2.17	25.15±2.40

1.4 数据分析

采用Excel 2010和DPS 7.5软件进行数据处理,采用Duncan法进行差异显著性分析,采用SPSS 26.0软件进行相关性分析。

2 结果与分析

2.1 贮藏期南瓜果实维生素C和果胶含量的变化

由图1-A可知,随着贮藏时间的延长,南瓜果实中的维生素C含量明显减少。贮藏40d时,百蜜3号和百蜜5号品种的维生素C含量(w,后均同)分别由0.0750、0.0540mg·100g⁻¹下降至0.0091、0.0163mg·100g⁻¹;贮藏60d,百蜜3号和百蜜5号的维生素C含量分别为0.0095、0.0093mg·100g⁻¹,比贮藏10d分别减少了87.67%、82.78%。

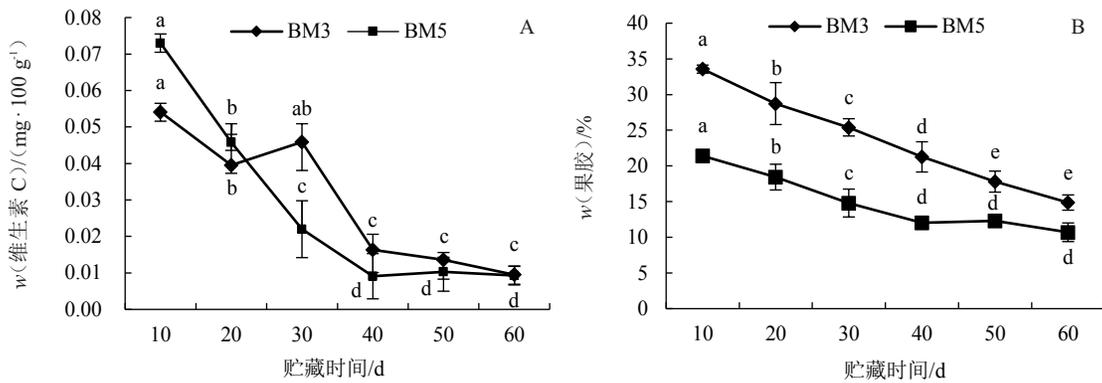
由图1-B可知,随着贮藏时间的延长,2个品种的果胶含量呈下降趋势。贮藏10d时,百蜜3号和

百蜜5号的果胶含量分别为33.57%、21.40%,贮藏60d时,百蜜3号的果胶含量高于百蜜5号,分别为14.87%、10.70%;比贮藏10d减少了55.70%、50.00%。

2.2 贮藏期南瓜果实淀粉和可溶性固形物含量的变化

由图2-A可看出,贮藏40d,2个品种的淀粉含量呈下降趋势,百蜜3号和百蜜5号品种的淀粉含量分别由2.0633、2.2320mg·g⁻¹下降至0.5853、0.8653mg·g⁻¹,百蜜3号的淀粉含量在贮藏40d后开始上升,贮藏60d为1.3263mg·g⁻¹;百蜜5号在贮藏50d后淀粉含量略微上升,贮藏60d时淀粉含量为0.4903mg·g⁻¹。在整个贮藏期,2个品种的淀粉含量整体呈下降趋势,贮藏10d时南瓜果实中的淀粉含量最高,贮藏结束时,百蜜3号的淀粉含量高于百蜜5号。

由图2-B可看出,2个品种南瓜的可溶性固形



注: 图中不同小写字母表示同一品种不同贮藏时间在 0.05 水平差异显著。下同。

图1 贮藏期果实维生素 C(A)和果胶(B)含量的变化

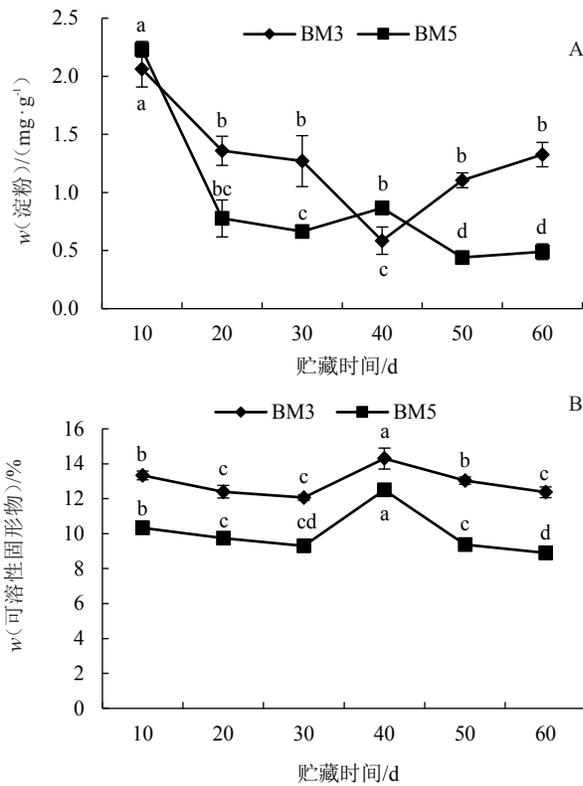


图2 贮藏期果实淀粉(A)和可溶性固形物(B)含量的变化

物含量均呈先下降后上升再下降的趋势。整个贮藏期中,百蜜3号的可溶性固形物含量高于百蜜5号。贮藏40d,百蜜3号和百蜜5号可溶性固形物含量达到最大值,分别为14.30%、12.50%。贮藏60d,2个品种的可溶性固形物含量分别为12.37%、8.90%,比贮藏10d分别下降了7.20%、13.84%。表明在一定的贮藏期内,南瓜果实中的可溶性固形物含量会增加,超过一定的贮藏时间,可溶性固形物含量会减少。

2.3 贮藏期南瓜β-胡萝卜素和可溶性糖含量的变化

由图3-A可知,贮藏30d,百蜜3号和百蜜5号品种的β-胡萝卜素含量达到最高值,分别为35.4764、32.0938 μg·g⁻¹;贮藏30d后,百蜜3号的β-胡萝卜素含量呈先下降后上升再下降趋势,贮藏60d含量下降至24.8471 μg·g⁻¹;百蜜5号品种呈明显下降趋势,贮藏60d下降至最低值10.9413 μg·g⁻¹。在整个贮藏期南瓜β-胡萝卜素含量整体呈先上升后下降的趋势。整个贮藏期百蜜3号的β-胡萝卜素含量高于百蜜5号。

由图3-B可知,贮藏30d,2个品种的可溶性糖含量都有所下降,百蜜3号和百蜜5号品种分别由

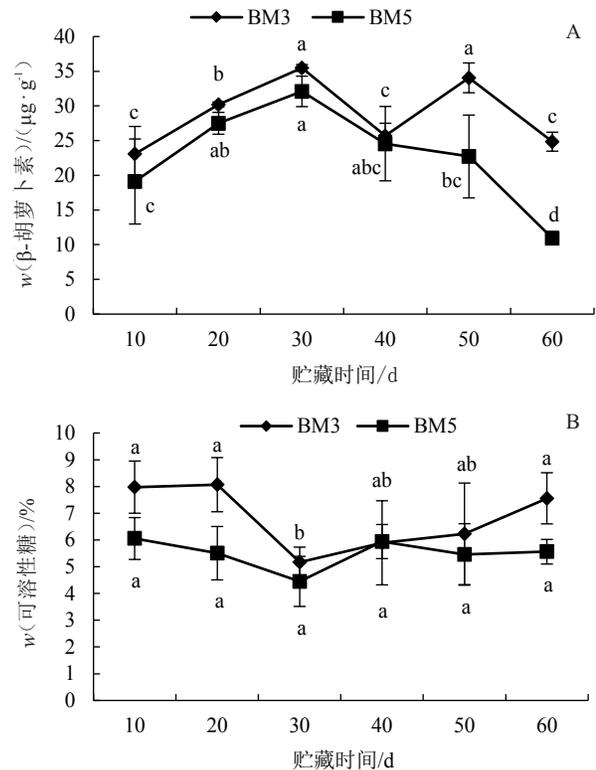


图3 贮藏期果实β-胡萝卜素(A)和可溶性糖(B)含量的变化

8.066 3%、6.054 5%下降至 5.168 2%、4.450 6%。贮藏 30 d 后,2 个品种的可溶性糖含量都有所上升,贮藏 60 d 时,2 个品种的可溶性糖含量分别为 7.556 4%、5.560 4%。贮藏结束时,百蜜 3 号的可溶性糖含量相对较高。

2.4 贮藏期南瓜失重率和丙二醛含量的变化

由图 4-A 可知,2 个品种随着贮藏时间的延长,果实的失重率均呈上升趋势。在贮藏期结束时,百蜜 3 号的失重率高于百蜜 5 号。贮藏 10 d,百蜜 3 号和百蜜 5 号的失重率分别是 5.11%、3.30%;在贮藏 60 d,百蜜 3 号和百蜜 5 号的失重率分别是 16.54%、13.94%,比贮藏 10 d 的失重率分别增加了 223.68%、322.42%,表明贮藏期越长,南瓜失水越严重。

由图 4-B 可知,随着贮藏时间的延长,百蜜 3 号和百蜜 5 号品种的丙二醛含量呈明显上升趋势,在贮藏结束,百蜜 5 号的丙二醛含量相对积累较少。贮藏 10 d,百蜜 3 号和百蜜 5 号的丙二醛含量(*b*)分别为 0.001 1、0.007 0 $\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$;贮藏 50 d,百蜜 3 号和百蜜 5 号的丙二醛含量急剧上升,分别为 0.010 1、0.008 9 $\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$,说明此时南瓜果实组织开始衰老,膜脂过氧化程度增强,细胞透性增大,使丙二醛含量迅速积累。

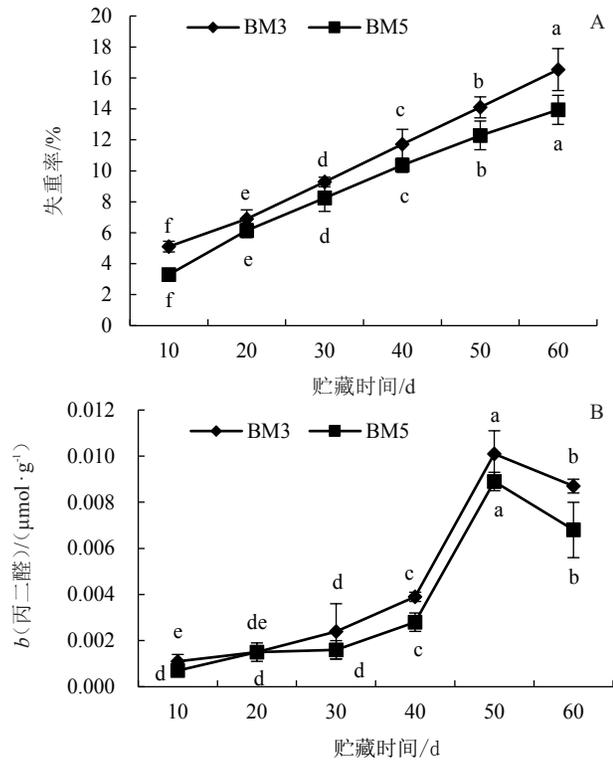


图 4 贮藏期果实失重率(A)和丙二醛(B)含量的变化

2.5 南瓜果实贮藏期各品质指标及丙二醛含量间相关性分析

由表 2 和表 3 可知,百蜜 3 号和百蜜 5 号的淀粉含量与维生素 C 含量、可溶性糖含量、果胶含量

表 2 百蜜 3 号贮藏期各品质指标及丙二醛含量间相关性分析

指标	淀粉含量	维生素 C 含量	可溶性糖含量	可溶性固形物含量	β -胡萝卜素含量	失重率	果胶含量	丙二醛含量
淀粉含量	1							
维生素 C 含量	0.684	1						
可溶性糖含量	0.623	0.180	1					
可溶性固形物含量	-0.363	-0.230	-0.103	1				
β -胡萝卜素含量	-0.277	0.040	-0.610	-0.486	1			
失重率	-0.550	-0.929**	-0.285	-0.032	0.079	1		
果胶含量	0.626	0.940**	0.332	0.030	-0.147	-0.994**	1	
丙二醛含量	-0.354	-0.857*	-0.165	-0.036	0.159	0.913*	-0.897*	1

注:*表示在 0.05 水平显著相关,**表示在 0.01 水平极显著相关。下同。

表 3 百蜜 5 号贮藏期各品质指标及丙二醛含量间相关性分析

指标	淀粉含量	维生素 C 含量	可溶性糖含量	可溶性固形物含量	β -胡萝卜素含量	失重率	果胶含量	丙二醛含量
淀粉含量	1							
维生素 C 含量	0.870*	1						
可溶性糖含量	0.510	0.306	1					
可溶性固形物含量	0.297	-0.006	0.535	1				
β -胡萝卜素含量	-0.117	0.054	-0.566	0.179	1			
失重率	-0.807	-0.929**	-0.145	-0.183	-0.387	1		
果胶含量	0.808	0.981**	0.196	0.014	0.240	-0.971**	1	
丙二醛含量	-0.616	-0.677	0.011	-0.362	-0.473	0.850*	-0.731	1

呈一定的相关性,相关系数分别为 0.684、0.623、0.626 和 0.870、0.510、0.808。可溶性糖含量与果胶含量呈一定的相关关系,相关系数分别为 0.332 和 0.196。百蜜 3 号和百蜜 5 号的维生素 C 含量与果胶含量均呈极显著正相关,失重率与丙二醛含量呈显著正相关,相关系数分别为 0.940、0.981 和 0.913、0.850。百蜜 3 号和百蜜 5 号的淀粉含量与 β -胡萝卜素含量、失重率、丙二醛含量呈负相关;维生素 C 含量与可溶性固形物含量、丙二醛含量呈负相关。百蜜 3 号和百蜜 5 号的维生素 C 含量与失重率、失重率与果胶含量呈极显著负相关,相关系数分别为 -0.929、-0.929 和 -0.994、-0.971。由此可知,南瓜果实各指标间有着不同程度的相关性,相互关联和相互制约,一些品质变化的同时会导致另一些品质发生改变。

3 讨论与结论

南瓜属较耐贮藏的蔬菜,有研究表明南瓜适合长期贮藏以用于食用和加工^[13-14]。在南瓜采后贮藏过程中对果实中淀粉、维生素 C、可溶性糖含量等生理指标动态变化规律进行探究,发现南瓜果实品质变化因其品种不同而表现出差异。从失重率可知,百蜜 3 号的失重率高于百蜜 5 号;从丙二醛含量可看出,随着贮藏时间的延长,百蜜 5 号果实积累的丙二醛含量低于百蜜 3 号。通过果实外部形态可以看出,在贮藏 60 d 后,部分百蜜 3 号南瓜外部果皮皱缩并变软,这与试验数据相吻合。试验中随着贮藏时间的延长,丙二醛含量呈上升趋势,这与张明^[15]的研究结果一致。从维生素 C 含量来看,在贮藏 10 d 时百蜜 5 号高于百蜜 3 号,而在贮藏 60 d 时 2 个品种的维生素 C 含量保持在同一水平;在贮藏 40 d 时,百蜜 5 号的下降趋势比百蜜 3 号的下降趋势明显,说明百蜜 5 号在贮藏中较易被氧化。贮藏期南瓜维生素 C 含量呈明显的下降趋势,这与前人在南瓜、红香酥梨和甜樱桃等果实贮藏试验中得到的结果一致^[16-18]。从果实可溶性糖、可溶性固形物、果胶和 β -胡萝卜素含量等品质指标可得出,随着贮藏时间的延长,百蜜 3 号的品质指标优于百蜜 5 号。

干物质包括果胶、淀粉、糖等物质,是决定果实品质的重要因素。有研究表明南瓜果实中的淀粉和可溶性固形物之间存在着相互转化的关系^[19]。贮藏前期由于南瓜果实中水分含量逐渐减少和部分淀粉在淀粉酶的作用下转化成可溶性糖,原果胶在

果胶酶的作用下转化成可溶性果胶,增加了可溶性固形物含量;贮藏后期可溶性固形物含量下降是由于南瓜果实在贮藏过程中一些营养物质被当作呼吸底物消耗^[20]。王静等^[21]在南瓜贮藏中发现可溶性固形物含量在贮藏 40 d 时达到最大值,与笔者的试验结果一致。淀粉是植物体内糖类物质的重要贮藏形式,也是果肉保持硬度的重要因素之一,其含量与口感、品质密切相关^[22]。柴吉钊等^[23]在对猕猴桃果实贮藏中发现淀粉含量随着贮藏时间的延长呈下降趋势,也与笔者的试验结果一致。

在采后的贮藏期,南瓜果实不断地成熟、衰老,果肉发生软化,同时维生素 C、淀粉、果胶等营养物质含量也发生显著的变化,且失重率增加^[24]。通过对不同南瓜品种果实的营养指标测定发现,贮藏 0~60 d,2 个品种果实的失重率呈不断上升趋势,而采后 40 d 内南瓜果实的可溶性固形物、淀粉和 β -胡萝卜素含量相对较高,丙二醛含量积累较少,失水较少;贮藏 40 d 后南瓜果实维生素 C、可溶性固形物和果胶含量不断降低,失水较多,丙二醛含量积累达到最高值,品质下降明显。综合所有指标来看,在采后贮藏 40 d 内,果实品质处于较好状态。因此,南瓜果实在采收后应及时食用和加工利用,且最好在采后贮藏的 40 d 内。贮藏期间,南瓜果实品质发生较大的变化,其中变化较大的是维生素 C、淀粉和果胶含量,可溶性糖、可溶性固形物含量变化较小。南瓜因品种不同而果实品质存在差异,本研究以百蜜系列南瓜品种为材料,在室内条件下进行贮藏,其他南瓜品种在贮藏期果实品质动态变化情况还有待进一步探究。

参考文献

- [1] 赵一鹏,李新崢,周俊国.世界南瓜生产现状及其种群多样性特征[J].内蒙古农业大学学报(自然科学版),2004,25(3):112-115.
- [2] 张宏荣.南瓜农艺性状与产量及品质性状的比较研究[D].武汉:华中农业大学,2005.
- [3] 黄淑兰,王世发.南瓜的营养价值及高产栽培技术[J].吉林蔬菜,2013(7):24-25.
- [4] 赵二劳,赵丽婷.南瓜与人体健康[J].化学教育,2006(12):3-4.
- [5] 田秀红,刘鑫峰,姜灿.南瓜的营养保健作用与产品开发[J].食品研究与开发,2009,30(2):169-172.
- [6] DE PLA M F, PONCE N M, STORTZ C A, et al. Composition and functional properties of enriched fiber products obtained from pumpkin (*Cucurbita moschata* Duchesne ex Poir) [J]. LWT-Food Science and Technology, 2007, 40(7): 1176-1185.
- [7] 李俊星,刘小茜,赵钢军,等.中国南瓜育种研究进展[J].广东

- 农业科学,2021,48(9):12-21.
- [8] 秦柏生.蜜本南瓜种植技术[J].湖南农业,2021(4):21.
- [9] 罗跃,刘旭东,姚小龙,等.南瓜病害发生规律与防治技术研究进展[J].长江蔬菜,2021(20):41-47.
- [10] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000.
- [11] 高凤俊.植物生理学实验技术[M].北京:高等教育出版社,2006.
- [12] 李晓娟,唐彦武,王珣,等.超声辅助草酸铵法提取南瓜果胶及其理化性质研究[J].中国调味品,2021,46(8):65-68.
- [13] 常伟.南瓜(*Cucurbita* spp.)成分分析及加工技术的研究[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2004.
- [14] 张绿萍,解璞,王宇,等.3个品种火龙果采后生理特性变化与耐贮性分析[J].保鲜与加工,2021,21(1):46-53.
- [15] 张明.不同品种无花果采后生理及贮藏品质变化的研究[D].河北保定:河北农业大学,2013.
- [16] 李新峥,范文秀,刘振威,等.采后南瓜果实中几种营养成分的变化[J].植物生理学通讯,2005(6):833-834.
- [17] 李彩林.红香酥梨贮藏期香气成分及果实品质变化研究[D].太原:山西大学,2020.
- [18] 崔建潮,贾晓辉,孙平平,等.不同品种甜樱桃果实贮藏期间品质及生理特性变化[J].保鲜与加工,2019,19(5):24-32.
- [19] SONNEWALD U, FERNIE A R. Next-generation strategies for understanding and influencing source-sink relations in crop plants[J]. Current Opinion in Plant Biology, 2018, 43: 63-70.
- [20] STEVENSON D G. Role of starch structure in texture of wintersquash (*Cucurbita maxima* D.) fruit and starch functional properties[D]. Iowa: Iowa State University, 2003.
- [21] 王静,杨丽君,赵萌,等.南瓜果实采后几种营养品质指标的变化规律[J].食品科技,2010,35(1):52-55.
- [22] 胡军,段颖,向成钢,等.南瓜果肉淀粉相关研究进展[J].中国瓜菜,2016,29(2):1-5.
- [23] 柴吉钊,刘璐,陈景丹,等.两品种猕猴桃果实采后淀粉降解特性比较分析[J].核农学报,2021,35(9):2065-2074.
- [24] 孟洁,黄晗达,杨静慧,等.常温贮藏下不同蓝莓品种的果实品质差异及变化[J].天津农学院学报,2020,27(2):11-17.