

文章编号:2095-6002(2013)02-0037-06

引用格式:艾玉春,王炜,李鹏霞,等.甘薯在贮藏期间营养与生理变化研究.食品科学技术学报,2013,31(2):37-42.

AI Yu-chun, WANG Wei, LI Peng-xia, et al. Studies on Changes for Nutrition and Physiology about Two Breeds of Sweet Potato in Preservation. Journal of Food Science and Technology, 2013,31(2):37-42.

甘薯在贮藏期间营养与生理变化研究

艾玉春¹, 王炜², 李鹏霞^{2,*}, 胡花丽², 王毓宁²

(1. 江苏省农业科学院 知识产权处, 江苏 南京 210014;

2. 江苏省农业科学院 农产品加工研究所, 江苏 南京 210014)

摘要:研究了“宁紫1号”、“宁选1号”甘薯在贮藏100 d期间的贮藏效果,以期得出较为适宜的贮藏参数,并分析甘薯的营养和生理变化规律.以250 mg·L⁻¹施保克溶液浸泡处理甘薯,置于7℃贮藏,以室温贮藏的甘薯为对照,定期进行理化指标检测.结果表明:在贮藏期内,7℃贮藏结合施保克处理可有效降低甘薯的霉腐率,减少可溶性蛋白质、可溶性总糖、总黄酮的损失.此外,两种甘薯的α-淀粉酶活性在贮藏中均高于β-淀粉酶活性.7℃贮藏结合施保克处理可提高甘薯的贮藏品质,可以在甘薯实际贮藏中应用.

关键词:甘薯;贮藏;营养;生理

中图分类号: TS255.3; S531

文献标志码: A

甘薯(*Ipomoea batatas* Lam.)又名红薯、山芋等,原产南美洲,属旋花科甘薯属,是具有蔓生习性的一年生或多年生草本植物,是重要的粮食作物和经济作物^[1].当前,亚洲是最主要的甘薯产区,其中我国常年种植甘薯约620万hm²^[2],是全球最大的甘薯生产国,总产量为1.06亿t,单产水平可达19 t·hm⁻².甘薯以块根为收获物,新鲜薯块组织脆嫩、含水量高、呼吸旺盛,不但容易感染黑斑病和软腐病^[3],还容易在贮藏中消耗大量氧气产生二氧化碳,从而无法进行有氧呼吸产生能量,最终细胞因缺少能量而导致生理病害^[4].

甘薯对贮藏温度十分敏感,贮温过高容易导致失水萎蔫、营养损失,病变霉腐加剧;贮温过低又会引发冷害冻害、薯块硬心、食用品质下降.室温贮藏下,贮藏温度会经过波动、下降、回升和上升四个起伏变化阶段,从而导致贮藏条件难以恒定,甘薯难以贮藏.因此,采用恒定低温贮藏甘薯,低温保鲜型甘薯已成为今后甘薯规模化贮藏的发展方向.

施保克是一种广谱性、内吸性杀菌剂,具有高效

低毒的特点,可防治多种农作物的真菌感染,但在甘薯上的保鲜研究极少.本项目组通过前期研究发现^[5],在6~7℃的低温贮藏下,“宁紫1号”和“宁选1号”甘薯的感官质量和主要营养品质均保存较好.因此,本研究在前期研究的基础上,以25%施保克(德国拜耳公司)说明书上的稀释倍数(1000倍),即施保克有效浓度为250 mg·L⁻¹来处理甘薯,并分析两种甘薯在贮藏期间的营养和淀粉酶变化规律.

1 材料与方法

1.1 试验材料

“宁紫1号”和“宁选1号”甘薯于2010年11月采自南京市六合区竹镇金磁村江苏省农产品工程技术中心甘薯基地,甘薯采后置于田间通风晾晒,然后按商品级标准挑选甘薯,装入经次氯酸钙溶液漂洗消毒的塑料周转箱中,将甘薯放进经硫磺消毒后的冷库中进行相关贮藏试验.

收稿日期:2012-10-10

基金项目:江苏省农业科技自主创新重点项目(cx(11)2063).

作者简介:艾玉春,男,副研究员,主要从事果蔬保鲜与加工方面的研究;

*李鹏霞,女,副研究员,主要从事果蔬保鲜及加工方面的研究.通讯作者.

25%施保克(乳油),德国拜耳公司生产。

1.2 试验方法

将试验的“宁紫1号”和“宁选1号”甘薯各设3组处理:处理1(250 mg·L⁻¹施保克溶液浸泡处理3 min,7℃贮藏)、处理2(不处理,7℃贮藏)、处理3(不处理,室温贮藏),每组处理设5个重复,每个重复200 kg甘薯。将处理之后的甘薯沥干水,然后置于相应条件下贮藏,贮藏期间每隔20 d取样进行相关指标的测定,试验期限为100 d。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 霉腐率测定

$$\text{霉腐率}(\%) = \frac{\text{霉腐甘薯质量}}{\text{贮藏甘薯质量}} \times 100\%$$

1.3.2 含水量测定

参照 GB/T 5497—1985 方法^[6]。

1.3.3 总脂肪测定

参照 GB/T 5512—1985 方法^[7]。

1.3.4 可溶性蛋白质测定

采用考马斯亮蓝 G-250 法测定^[8]。

1.3.5 可溶性总糖测定

采用蒽酮比色法测定^[9]。

1.3.6 总黄酮测定

参考文献[10],略有修改,称取15 g样品,加入5 mL体积分数为95%的乙醇,研磨匀浆,微波萃取20 min,取2 mL滤液,加入体积分数为95%的乙醇3 mL,质量分数为5%的亚硝酸钠溶液0.75 mL,摇匀后静置5 min,加入质量分数为10%的硝酸铝溶液0.5 mL,再摇匀静置6 min,然后加入质量分数为5%的氢氧化钠溶液4 mL,用蒸馏水定容至25 mL,摇匀静置15 min,然后置于510 nm波长下测定吸光度,最后根据总黄酮标准曲线计算。

1.3.7 直链淀粉、支链淀粉、总淀粉测定

参考文献[11],总淀粉含量 = 直链淀粉含量 + 支链淀粉含量。

1.3.8 α-淀粉酶、β-淀粉酶、总淀粉酶测定

参考文献[12],略有修改,称取1 g鲜样,研磨匀浆,室温下蒸馏水静置提取20 min,3 000 r·min⁻¹离心10 min,将上清液定容至100 mL,用于α-淀粉酶活力测定,取10 mL淀粉酶原液定容至50 mL用于淀粉酶总活力测定。酶活力于540 nm波长下测定,以每分钟内生成麦芽糖的质量(mg)为一个酶活单位(U·g⁻¹·min⁻¹)。其中,β-淀粉酶活力 = 总淀粉酶活力 - α-淀粉酶活力。

1.4 数据处理

所有数据用 SPSS 15.0 软件统计处理,采用 ANOVA 邓肯氏多重差异分析($P < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 甘薯霉腐率的变化

霉腐率是衡量甘薯贮藏效果的基本指标。甘薯在贮藏期间的霉腐曲线呈上升趋势(图1),快速上升期出现在贮藏60 d后。贮藏100 d时,室温贮藏的“宁紫1号”和“宁选1号”甘薯的霉腐率分别达到43.66%和39.03%,显著高于处理1的两种甘薯(“宁紫1号”甘薯21.24%、“宁选1号”甘薯18.64%)($P < 0.05$)和处理2的两种甘薯(“宁紫1号”甘薯34.56%、“宁选1号”甘薯28.60%),但与处理2的甘薯没有出现显著差异。因此,以施保克处理并结合7℃贮藏,能起到较好的贮藏效果。“宁选1号”甘薯的霉腐率要低于“宁紫1号”甘薯,这可能与7℃更适宜“宁选1号”甘薯贮藏有关。此外,用施保克处理过的甘薯在整个贮藏期间均未出现表皮伤害症状。

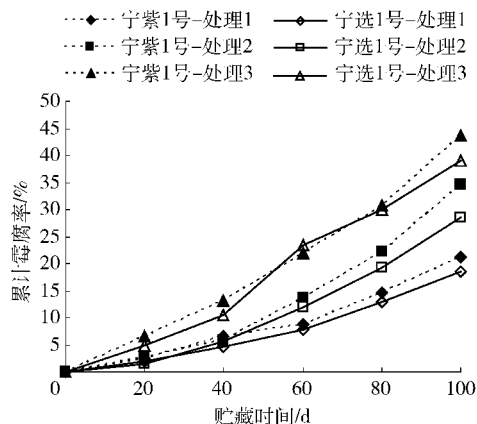


图1 贮藏期间甘薯霉腐率的变化

Fig. 1 Changes of rot rate of sweet potato during storage

2.2 甘薯含水量的变化

刚采收后的甘薯含水量较高,分别达到74.94% (“宁紫1号”)和72.44% (“宁选1号”)。贮藏期间甘薯的含水量呈下降趋势(图2),其中室温贮藏甘薯的含水量下降最快,贮藏100 d时,7℃贮藏甘薯的含水量下降程度低于室温贮藏的甘薯。

2.3 甘薯总脂肪的变化

甘薯的脂肪含量极低,贮藏前“宁紫1号”和

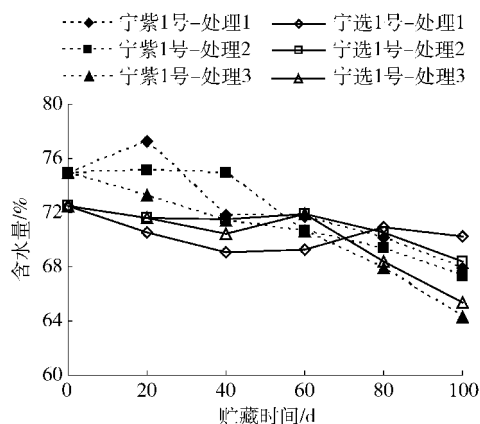


图2 贮藏期间甘薯含水量的变化

Fig. 2 Changes of moisture content of sweet potato during storage

“宁选1号”甘薯的总脂肪质量分数分别为0.26%, 0.14%,但在贮藏期间总体呈下降趋势(图3)。贮藏100 d时,两种甘薯的3个处理之间无显著差异。

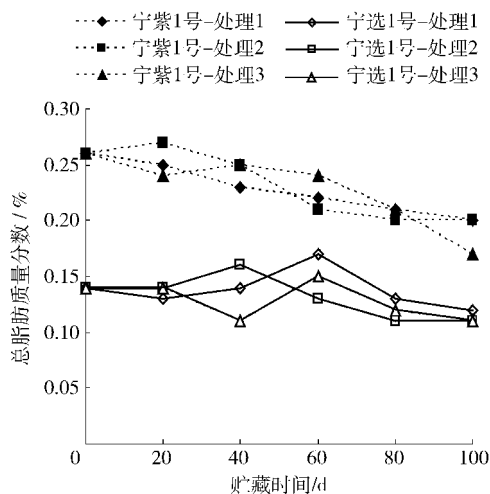


图3 贮藏期间甘薯总脂肪的变化

Fig. 3 Changes of total fat content of sweet potato during storage

2.4 甘薯可溶性蛋白质的变化

甘薯中的蛋白质含量较低。贮藏开始时,“宁紫1号”和“宁选1号”甘薯的可溶性蛋白质质量分数分别为 $8\,855.13\,\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 和 $3\,364.16\,\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (图4),在贮藏过程中所有甘薯的可溶性蛋白质基本持平。贮藏100 d时,室温贮藏甘薯的可溶性蛋白质虽低于 $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ 贮藏的甘薯,但无统计意义的显著差异。处理1甘薯可溶性蛋白质质量分数普遍高于处理2。

2.5 甘薯可溶性总糖的变化

$7\text{ }^{\circ}\text{C}$ 贮藏甘薯的可溶性总糖在贮藏100 d内总体呈现上升的趋势(图5),室温贮藏甘薯的可溶性

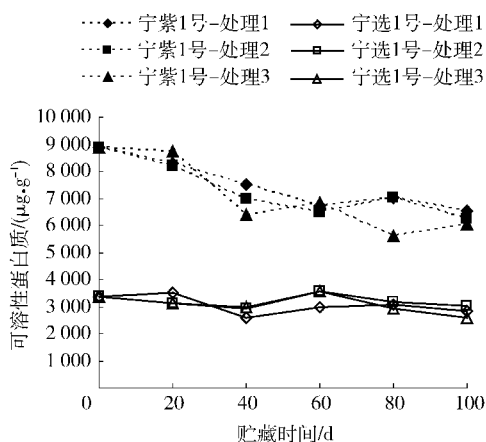


图4 贮藏期间甘薯可溶性蛋白质的变化

Fig. 4 Changes of soluble protein content of sweet potato during storage

总糖均呈现先升高再降低的变化趋势,其高点期在贮藏40~60 d期间。贮藏100 d时,室温贮藏的“宁紫1号”和“宁选1号”甘薯的可溶性总糖质量分数分别是8.62%,6.05%,均低于 $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ 贮藏的甘薯,其中“宁选1号”甘薯达到差异显著水平($P < 0.05$),“宁紫1号”甘薯则差异不显著。此外,无论是“宁紫1号”还是“宁选1号”甘薯,处理1与处理2之间没有出现显著差异。

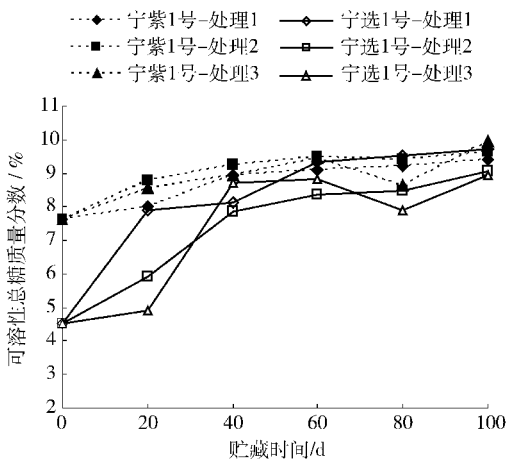


图5 贮藏期间甘薯可溶性总糖的变化

Fig. 5 Changes of soluble total sugars of sweet potato during storage

2.6 甘薯总黄酮的变化

“宁紫1号”和“宁选1号”甘薯均为保健型甘薯,其总黄酮含量可反映贮藏期间营养品质的保存情况。两种甘薯的总黄酮质量分数呈现先增后降但总体增加的变化趋势,“宁紫1号”甘薯的总黄酮质量分数要高于“宁选1号”甘薯(图6)。贮藏100 d时, $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ 贮藏的“宁紫1号”甘薯的总黄酮质量分数

显著高于室温贮藏的“宁紫1号”甘薯($P < 0.05$),但3个处理的“宁选1号”甘薯之间没有显著差异出现。

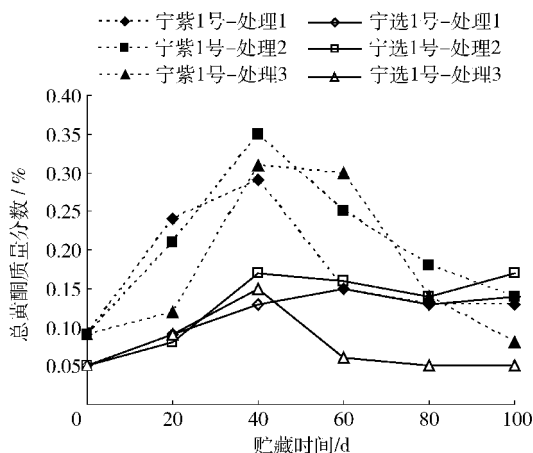


图6 贮藏期间甘薯总黄酮的变化

Fig. 6 Changes of total flavonoids content of sweet potato during storage

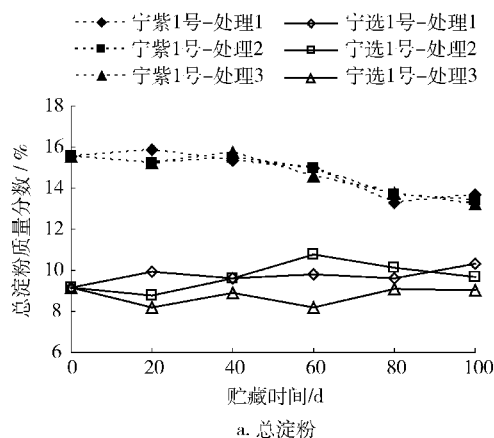
2.7 甘薯直链淀粉、支链淀粉、总淀粉的变化

贮藏期间甘薯总淀粉、支链淀粉和直链淀粉的变化见图7。贮藏前“宁紫1号”甘薯的总淀粉质量分数为15.54% (直链淀粉5.59%、支链淀粉9.95%),“宁选1号”甘薯的总淀粉质量分数为9.17% (直链淀粉4.32%、支链淀粉4.85%),由此可知,“宁紫1号”甘薯中支链淀粉占主要组成部分,而“宁选1号”甘薯的两类淀粉大致相当。支链淀粉和直链淀粉在贮藏期间的含量无明显变化(图7(b)、图7(c))。无论是7℃贮藏还是室温贮藏,两种甘薯的总淀粉质量分数均在较小范围内变动(图7(a)),没有显著差异出现。

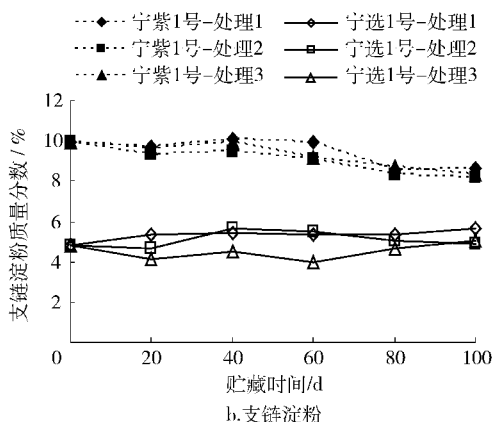
2.8 甘薯α-淀粉酶、β-淀粉酶、总淀粉酶的变化

α-淀粉酶、β-淀粉酶在甘薯的淀粉酶中均含有,α-淀粉酶可随机作用于淀粉中的α-1,4-糖苷键,生成葡萄糖、麦芽糖等还原糖,同时使淀粉的黏度降低;β-淀粉酶可从淀粉的非还原性末端水解麦芽糖。贮藏期间,甘薯淀粉酶、α-淀粉酶及β-淀粉酶活性的变化见图8,其中总淀粉酶和α-淀粉酶均呈上升趋势(图8(a)、图8(b)),β-淀粉酶总体呈下降的变化趋势(图8(c))。α-淀粉酶活性的高低与甘薯总淀粉含量密切相关,不管是7℃或是室温贮藏,α-淀粉酶活性在60 d后处于高峰期,此时总淀粉质量分数也出现了不同程度的下降。室温贮藏的两种甘薯的α-淀粉酶、β-淀粉酶和总淀粉酶活性均高于7℃

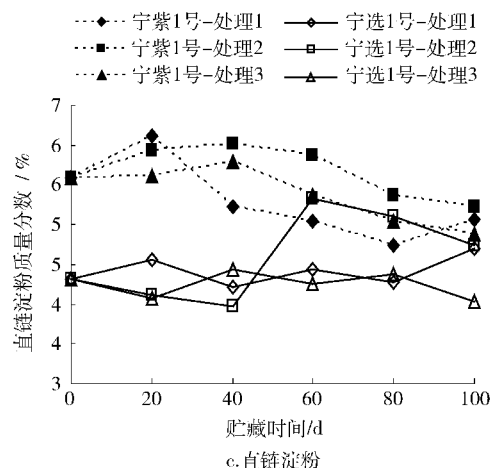
贮藏的甘薯,但处理1和处理2的两种甘薯的所有淀粉酶活性差异极小。



a. 总淀粉



b. 支链淀粉



c. 直链淀粉

图7 贮藏期间甘薯总淀粉、支链淀粉和直链淀粉的变化

Fig. 7 Changes of total starch content, amylopectin content and amylose content of sweet potato during storage

3 讨论与结论

甘薯在100 d的贮藏期间,可溶性总糖和总黄酮含量总体呈上升趋势,此时的甘薯风味浓郁、香甜

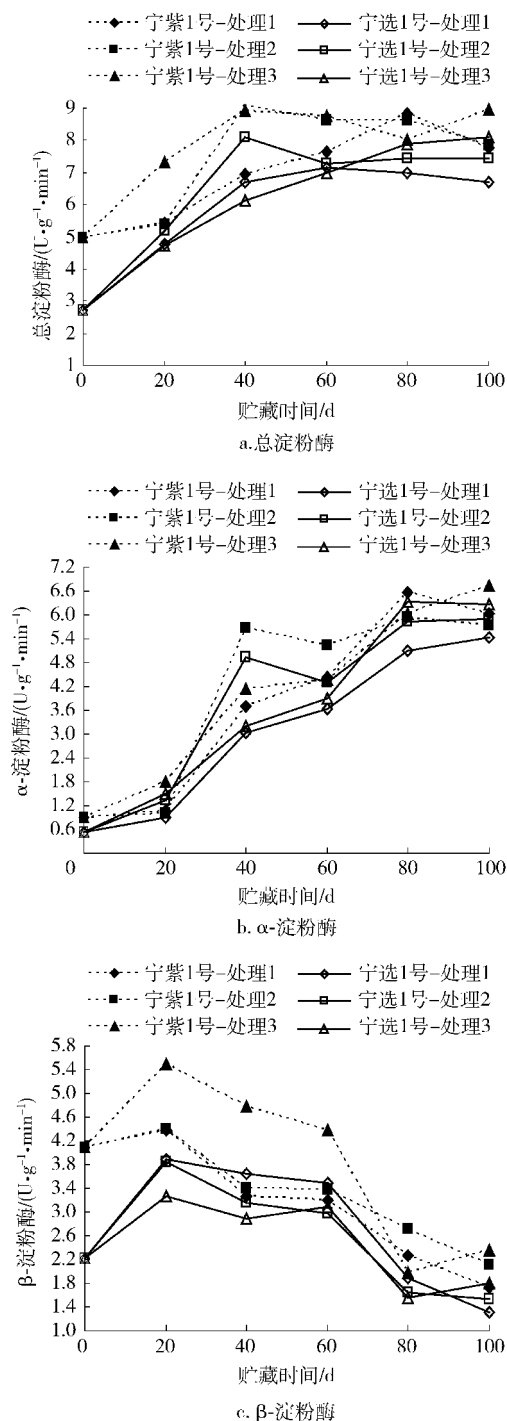


图8 贮藏期间甘薯淀粉酶、α-淀粉酶及β-淀粉酶活性的变化

Fig. 8 Changes of amylase, α-amylase and β-amylase activity of sweet potato during storage

可口,而且功能营养物质(总黄酮)处于较高点,是食用品质最好的时候,这与朱红^[13]的研究结论一致。此外,甘薯的含水量和总脂肪总体呈下降趋势,但可溶性蛋白质含量基本平稳。

水分是影响甘薯感官和风味的重要因素。鲜薯

的含水量极高,在高温贮藏下易出现失水、失鲜和失重,造成商品性下降。有研究表明^[14],山药的失水速率与耐藏性呈显著正相关,本研究认为含水量的下降与甘薯贮藏性能无关。室温贮藏的甘薯失水率快于7℃贮藏,但室温贮藏甘薯的霉腐率却显著高于7℃贮藏,因此本研究认为影响甘薯霉腐率的主要因素是温度,含水量的影响甚微。

糖类是甘薯主要的营养物质之一。贮藏期间甘薯的含糖量受呼吸速率、淀粉转化和组织失水等因素的影响。研究表明^[13],贮藏期间甘薯还原糖损失很少,由于水分散失和淀粉消耗,甘薯中还原糖相对含量会随着贮藏期的延长而逐渐提高。在100 d的贮藏期内,甘薯的含糖量普遍增加,这是由于淀粉水解引起还原糖含量增加的缘故。室温贮藏的甘薯普遍在贮藏40~60 d期间达到最大含糖量,比7℃贮藏的甘薯提前了40 d左右。

淀粉的转化主要由淀粉酶引起,甘薯中主要存在的是β-淀粉酶^[15],但本研究发现两种甘薯的α-淀粉酶活性在贮藏期间持续上升,β-淀粉酶活性却呈现下降趋势,因此在这两种甘薯的淀粉水解进程中起主导作用的应该是α-淀粉酶而非β-淀粉酶。在7℃贮藏或者室温贮藏中,两种甘薯的总淀粉质量分数均在较小范围内变动,没有显著差异出现。

“施保克”的主要成分是咪鲜胺,根据中国农药毒性分级标准,属于低毒杀菌剂,对动物和环境危害也较小。综上所述,7℃贮藏结合施保克处理能获得较佳的贮藏效果,且不会引起甘薯出现表皮伤害,也不会引起甘薯的营养品质发生异常变化。因此,7℃贮藏结合施保克处理可以在甘薯实际贮藏中应用。

参考文献:

- [1] 蔡自建, 龙虎. 甘薯营养研究及食品开发[J]. 西南民族大学学报, 2005, 31(1): 103-106.
- [2] 倪文霞, 王尚玉. 红薯糟膳食纤维的研究进展[J]. 武汉工业学院学报, 2010, 29(2): 22-25.
- [3] 孙厚俊, 刘美艳, 宗玮玮, 等. 黑斑病对甘薯体内几种保护酶活性的影响[J]. 广西农学报, 2011, 26(3): 14-19.
- [4] 连喜军, 李洁, 王屹, 等. 不同品种甘薯常温贮藏期间呼吸强度变化规律[J]. 农业工程学报, 2009, 25(6): 310-313.
- [5] 李鹏霞, 王伟, 胡花丽, 等. 低温贮藏下两种甘薯的品质变化研究[J]. 江西农业学报, 2009, 21(4): 73-75.

- [6] 中华人民共和国商业部. GB/T 5497—1985 粮食 油料 检验 水分测定法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1986.
- [7] 中华人民共和国商业部. GB/T 5512—1985 粮食 油料 检验 粗脂肪测定法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1986.
- [8] 王烨, 顾兴芳, 张圣平. 暗培养对黄瓜子叶节再生频率及其相关酶活性和可溶性蛋白含量的影响[J]. 西北植物学报, 2011, 3(9): 1793–1798.
- [9] 韩雅珊. 食品化学实验指导[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1996: 26–28.
- [10] 覃建兵, 庞红霞, 曹兴芹. 新疆雪莲愈伤组织诱导及总黄酮的测定[J]. 西北植物学报, 2010, 30(6): 1264–1270.
- [11] 曹颖妮, 胡卫国, 王根平, 等. 糯性和非糯性小麦灌浆期胚乳直/支链淀粉积累及其相关酶活性研究[J]. 西北植物学报, 2010, 30(10): 1995–2001.
- [12] 李合生, 孙群, 赵世杰. 植物生理生化实验原理与技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 169–172.
- [13] 朱红, 李洪民, 张爱君, 等. 甘薯贮藏期呼吸强度与主要品质的变化研究[J]. 中国农学通报, 2010, 26(7): 64–67.
- [14] 赵喜亭, 孙颖, 何男, 等. CaCl_2 处理对铁棍山药块茎采后品质的影响[J]. 河南农业科学, 2006, 12: 69–72.
- [15] 古碧, 李开绵, 李兆贵, 等. 不同木薯品种(系)块根淀粉特性研究[J]. 热带作物学报, 2009, 30(12): 1876–1882.

Studies on Changes for Nutrition and Physiology about Two Breeds of Sweet Potato in Preservation

AI Yu-chun¹, WANG Wei², LI Peng-xia^{2,*}, HU Hua-li², WANG Yu-ning²

(1. Intellectual Property Office, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China;

2. Institute of Agricultural Products Processing, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China)

Abstract: This study evaluated the storage effect of ‘Ningzi No. 1’ and ‘Ning xuan No. 1’ sweet potato during 100 days. The purpose of the research was to find a appropriate storage parameter and analyze the variation of nutrition and physiology of sweet potato. The sweet potato treated with Sportak dipping ($250 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) was placed at 7°C at storage, and the sweet patato stored at room temperature was taken as control (ck). The periodic detection of physical and chemical indicators was done. The results showed that the Sportak dipping treatment at 7°C could low the rot rate effectively, reduce the losses of soluble proteint, total soluble sugars and total flavonoids. In addition, the α -amylase activities of two sweet potato were higher than β -amylase activities during storage. The Sportak dipping treatment at 7°C can improve the storage quality of sweet potato, which could be applied in practice.

Key words: sweet potato; storage; nutrition; physiology

(责任编辑:叶红波)