

2 种贮藏方式下马铃薯品质指标的变化

杨 晟¹, 何腾兵^{1,2*}, 吕树鸣³

(1. 贵州大学 生命科学院, 贵州 贵阳 550025; 2. 贵州大学 农学院, 贵州 贵阳 550025;
3. 六盘水市农业委员会, 贵州 六盘水 553001)

摘要: 在六盘水地区选取广泛种植的威芋 3 号和会-2 号马铃薯块茎, 采用室内堆放贮藏和田间原地贮藏方式, 定期对马铃薯块茎干物质、淀粉、还原糖及呼吸强度等指标进行测定。结果表明, 马铃薯贮藏 61 d 是临界贮藏时期; 同一品种不同海拔地区贮藏的马铃薯品质表现为: 高海拔地区 > 中海拔地区 > 低海拔地区; 相同海拔地区, 田间原地贮藏的马铃薯品质优于室内堆放贮藏; 此外, 淀粉含量和还原糖含量之间处于动态平衡状态。

关键词: 马铃薯; 贮藏; 田间原地贮藏; 室内堆放贮藏; 品质; 贵州; 六盘水

中图分类号: S532 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2012)06-0024-05

Potato Quality Changes in Two Storage Conditions in Liupanshui Area

YANG Sheng¹, HE Teng-bing^{1,2*}, LÜ Shu-ming³

(1. College of Life Science, Guizhou University, Guiyang 550025, China; 2. College of Agriculture, Guizhou University, Guiyang 550025, China; 3. Agricultural Committee of Liupanshui, Liupanshui 553001, China)

Abstract: This paper deals with the potato quality changes in two storage conditions in Liupanshui city. Two kinds of potato varieties, weiyu-3 and hui-2, were selected in agricultural production. They are cultivated in Liupanshui area of the high, medium and low elevation and then stored at home or directly in the field respectively. The amount of dry matters, starch and reducing sugar were determined as well as breathing intensity regularly. Results showed that during the storage period, the third month is the critical point. The same variety stored in the high altitude was better than in the medium altitude, and the medium is better than in the low. Moreover, in the same elevation, potatoes remained in the field had a better quality than the ones stored at home. In addition, starch content and sugar content are at a dynamic balancing state.

Key words: potato; storage; remain in the field; indoor stacking storage; quality; Guizhou; Liupanshui

马铃薯是一种世界性经济作物, 分布广泛, 容易栽培, 宜粮宜饲, 宜做多种原料, 而且营养丰富, 粮菜兼用, 有“地下苹果”之称, 是我国仅次于小麦、水稻和玉米的第四大作物。近十几年来, 我国马铃薯种植面积呈不断上升的趋势。2010 年, 全国马铃薯种植面积超过 667 万 hm^2 , 总产量约为 7 500 万 t, 种植面积和总产量均居世界第 1 位^[1-4]。马铃薯在生长和贮藏阶段一些营养成分如干物质、还原糖、淀

粉、维生素 C 含量等都会发生变化, 这些成分含量的变化直接影响马铃薯的质量、品质和产率。马铃薯品质的优劣与贮藏条件、品种特性有很大的关系, 如果贮藏条件较差, 在贮藏期品质易变劣, 而马铃薯的淀粉和还原糖含量与马铃薯加工品质密切相关。其中还原糖含量直接影响炸片、炸条的品质和颜色^[5]。适合炸片、炸条的品种要求淀粉含量高、还原糖含量低, 且贮藏期间变化幅度小^[6]。淀粉含量直

收稿日期: 2012-02-15

基金项目: 六盘水市省地科技合作马铃薯专项(5202020100105)

作者简介: 杨 晟(1986-), 男, 江苏泰州人, 在读硕士研究生, 研究方向: 环境污染与控制。E-mail: yangsheng0320@163.com

* 通讯作者: 何腾兵(1963-), 男, 贵州松桃人, 教授, 主要从事土壤学与环境科学方面的教学、科研工作。

E-mail: hetengbing@163.com

接影响马铃薯的品质,其淀粉酶也是影响代谢的基本因素,是植物体生理活性变化的具体反映,这些成分既决定于品种的遗传特性,同时与贮藏条件有密切的关系^[7]。

六盘水位于贵州的西北部,是贵州省马铃薯的主产区之一。农户贮藏马铃薯主要有室内堆放贮藏和田间原地贮藏 2 种方式。室内堆放贮藏(常规贮藏)是最常见的贮藏方式,从当年 8 月左右收获,贮藏至翌年 2—4 月播种。由于贮藏时间长,贮藏方式简陋,夏季气温高,冬季气温低,造成大量的烂薯和长芽薯。而田间原地贮藏也是当地比较常见的贮藏方式,是指马铃薯成熟后不采收,仍留存于田间原地,根据需要随时采收,直到翌年 2—4 月份播种时仍然留存于田间。据初步了解,田间原地贮藏是一种既能节省仓储用地和减少贮藏成本,又能够达到

保鲜作用的贮藏方式。而目前国内只有关于胡萝卜和莲菜原地贮藏技术的应用。针对马铃薯的研究尚未见报道。因此,拟通过比较田间原地贮藏与室内堆放贮藏方式下马铃薯外观、干物质、还原糖、淀粉含量等品质指标的差异性,分析环境因子对马铃薯田间原地贮藏保鲜的作用,探讨马铃薯田间原地贮藏技术的可行性,为寻找当地节本增效的马铃薯贮藏保鲜方式提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 供试材料

供试材料为六盘水市 5 个样地的马铃薯块茎,分别位于不同的海拔高度地区,土壤属于典型的垂直地带性土壤,中性至微酸性旱地土壤。供试样地的基本情况见表 1。

表 1 不同贮藏方式及供试样地环境条件

采样地点	处理代码		马铃薯品种	经纬度	海拔/m	旱地土壤类型	土壤 pH	土壤有机质/(g/kg)	物理性黏粒/%
	室内	田间							
水城县保华乡民兴村	BHD1	BHD2	威芋 3 号	N26°37'38.45" E104°49'42.19"	1 700(低)	黄壤	6.83	45.29	46.6
水城县保华乡民兴村	BHC1	BHC2	会-2	N26°39'02.45" E104°57'02.19"	1 815(低)	黄壤	6.40	45.99	42.2
水城县纸厂乡前进村	QJ1	QJ2	威芋 3 号	N26°33'50.38" E104°44'38.36"	2 010(中)	黄棕壤	6.53	54.37	64.6
水城县发箐村 6 组	FQ1	FQ2	会-2	N26°37'56.35" E104°53'47.92"	2 011(中)	黄棕壤	6.35	51.87	50.6
水城县纸厂乡高炉村	GL1	GL2	威芋 3 号	N26°37'38.45" E104°49'42.19"	2 352(高)	棕壤	6.61	50.70	48.6

1.2 贮藏和采样方法

每个样地均采用室内堆放贮藏和田间原地贮藏 2 种方式。

室内堆放贮藏:收获后将无破损块茎的马铃薯直接装于带网孔的编织袋中,放置在农户家中贮藏,共选 5 个农户,每个农户的贮藏地点配置 Tal-2 型干湿球温度计,观测每天的湿度和温度^[8]。

田间原地贮藏:在上述 5 个农户的马铃薯种植地,设置田间原地贮藏马铃薯的样地,供定期采集马铃薯样品。田间配置地温计,观测 20 cm 深处的土壤温度。

采样方法及时间:每个样地分别采集室内堆放贮藏和田间原地贮藏的马铃薯样品,采集的马铃薯鲜薯表面尽可能无或少伤痕。2011 年 8 月 20 日,采集第 1 批马铃薯样品,从此时开始间隔约 30 d 采集 1 次样品,分别于 9 月 21 日、10 月 20 日和 11 月 21 日进行采样,共采集 4 次样品。同时记录采样时的室内温度、湿度和田间土壤温度。第 1 次采样时,分别采集每个样地的土壤样品,供土壤理化分析用,并采用环刀法测定土壤容重、孔隙度和土壤水分含量。以后 3 次采样时,仅测定土壤自然含水量。

1.3 测试方法

1.3.1 马铃薯品质指标测定 干物质含量:恒温烘干法;还原糖含量:菲林试剂滴定法^[9];淀粉含量:碘-淀粉比色法^[10];呼吸强度:静置碱液吸收法^[11]。

1.3.2 土壤基本性质的测定 土壤 pH 值采用酸度计法,土壤有机质采用外加热重铬酸钾-浓硫酸氧化-容量法,土壤物理性黏粒采用比重计速测法^[12]。

1.4 统计分析

各指标测定均重复 3 次,使用 SPSS 19.0 统计分析软件进行分析,综合评价采用 Topsis (technique for order preference by similarity to an ideal solution)法。

2 结果与分析

2.1 2 种贮藏方式下马铃薯干物质含量变化

从图 1 和图 2 可看出,马铃薯块茎干物质含量在收获时最高,随着贮藏时间的增加,马铃薯块茎干物质含量均有不同程度的下降。2 种贮藏方式下,均在贮藏 61 d 出现极低值,随后干物质有所回升。贮藏过程中 2 个品种的马铃薯干物质含量的变化趋

势基本一致^[13]。室内贮藏马铃薯比原地贮藏马铃薯更容易失去水分。

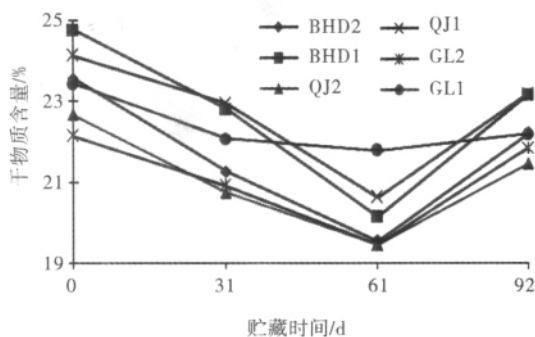


图 1 2 种贮藏条件下威芋 3 号马铃薯干物质含量变化

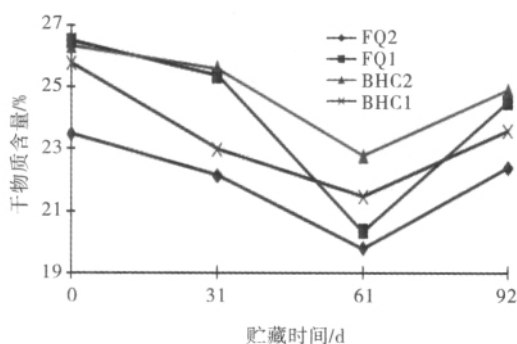


图 2 2 种贮藏条件下会-2 号马铃薯干物质含量变化

2.2 2 种贮藏方式下马铃薯淀粉含量变化

由图 3 和图 4 可以看出,马铃薯茎块淀粉含量在收获时最高,随着贮藏时间的增加,2 个品种的马铃薯块茎淀粉含量均呈下降趋势。2 种贮藏方式,均在贮藏至 61 d 出现极低值,随后淀粉含量有所回升。同一品种的马铃薯在不同海拔高度地区随贮藏时间的增加,淀粉含量变化表现为高海拔地区马铃薯淀粉含量下降缓慢;同品种的马铃薯在相同海拔地区因贮藏方式不同,其淀粉含量变化具有明显差异,如威芋 3 号块茎,在室内堆放贮藏 61 d 时的淀粉含量下降至 13.26%,田间原地贮藏的马铃薯淀粉下降至 14.87%;贮藏 92 d 时,室内堆放贮藏和田间原地贮藏的马铃薯淀粉含量分别回升至 17.33% 和 18.32%。

从图 3 和图 4 还可以看出,同一品种马铃薯海拔越高,贮藏过程中淀粉含量越高,同一海拔地区,田间原地贮藏的 2 种马铃薯淀粉含量都始终高于室内堆放贮藏;对于威芋 3 号块茎,淀粉含量变化田间原地贮藏较室内堆放贮藏稍慢,而会-2 号块茎则相反,原地贮藏的淀粉含量下降速度较快,但仍然比室内贮藏含量高。所以,就淀粉含量变化而言,不同马铃薯品种,不同海拔地区,田间原地贮藏马铃薯的品质均优于室内堆放贮藏,贮藏效果较好。

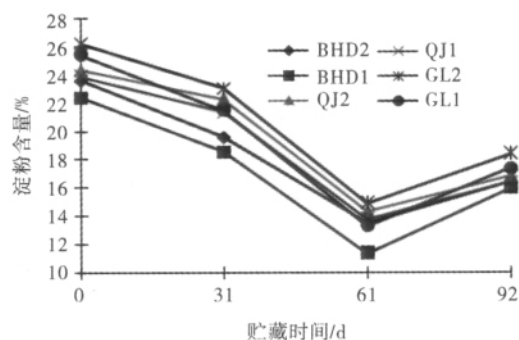


图 3 2 种贮藏条件下威芋 3 号马铃薯淀粉含量变化

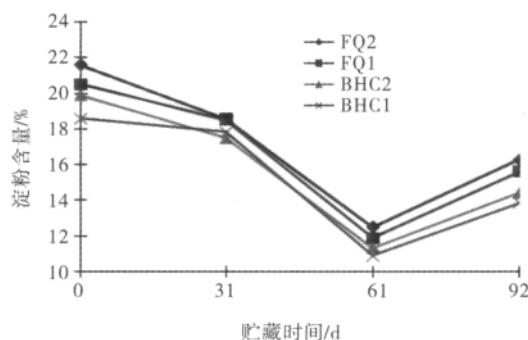


图 4 2 种贮藏条件下会-2 号马铃薯淀粉含量变化

2.3 2 种贮藏方式下马铃薯还原糖含量变化

糖类是最主要的呼吸基质,是马铃薯生长和代谢的养料和能量来源。由图 5 和图 6 可以看出,随着贮藏时间的增加,不同品种马铃薯块茎还原糖含量均呈增加趋势,2 种贮藏方式,均在贮藏至第 61 d 时达到最高,随后出现下降趋势。

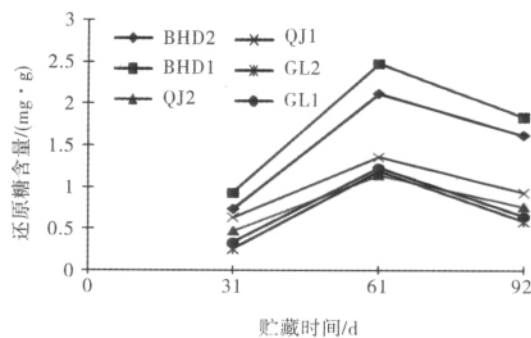


图 5 2 种贮藏条件下威芋 3 号还原糖含量变化

海拔越高,威芋 3 号还原糖含量越低,变化速度越缓慢,且田间原地贮藏还原糖含量和变化速度低于室内堆放,会-2 号中海拔地区与威芋 3 号特征相同,但低海拔地区 31 d 时田间原地贮藏还原糖含量高于室内堆放,随后室内贮藏的马铃薯还原糖增加速度陡增,峰值高于原地贮藏并始终保持高于原地贮藏。总的来说,就马铃薯还原糖含量变化而言,室内堆放贮藏比田间原地贮藏更有利于还原糖的积累。

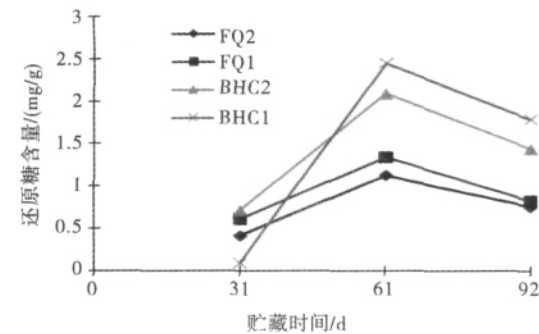


图 6 2 种贮藏条件下会-2 号还原糖含量变化

2.4 室内堆放贮藏方式下马铃薯呼吸强度的变化

马铃薯采收后,同化作用基本停止,呼吸作用成为新陈代谢的主导方面。呼吸作用直接、间接地联系着各种生理生化过程,因此也影响着耐贮性、抗病性的发展变化,呼吸作用越旺盛,各种过程和变化越快,生命终止也就越早。由图 7 可见,5 个室内堆放贮藏马铃薯样品,随着贮藏时间的增加,不同品种马铃薯块茎呼吸强度均呈增加趋势,且增加速度越来越快。原地贮藏方式,均在贮藏 61 d 时形成呼吸高峰,此后,出现下降。这与淀粉含量的降低相对应,这可能与低温环境下马铃薯块茎的抗逆性有关^[14]。

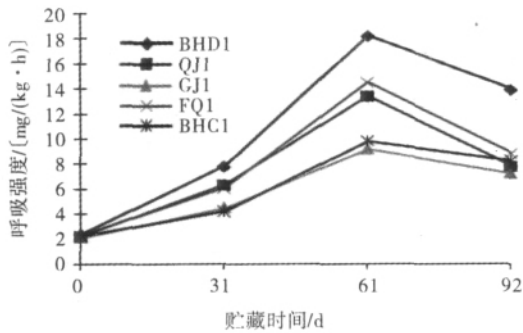


图 7 室内堆放贮藏方式下马铃薯呼吸强度变化

2.5 呼吸强度、淀粉含量与还原糖含量相关性分析

由表 2 可知,贮藏期间,马铃薯块茎呼吸强度和淀粉含量之间、淀粉含量和还原糖之间存在着一一定的负相关关系;呼吸强度和还原糖含量之间存在着一一定的正相关关系;其中,贮藏 31 d 时马铃薯块茎的呼吸强度和还原糖含量之间达到极显著正相关关系,而贮藏 92 d 时淀粉含量和还原糖含量之间呈显著的负相关关系。其原因可能是马铃薯块茎在贮藏过程中,通过呼吸作用,直接消耗了部分还原糖,部分淀粉转化为非还原糖和蔗糖等。此外,虽然马铃薯在贮藏期间,淀粉和还原糖处在不停的相互转化之中,但这种变化的方向和速率取决于品种、块茎的生理状态和贮藏条件^[15]。

表 2 2 种贮藏方式下马铃薯呼吸强度与淀粉含量、还原糖含量相关系数

项目	样本 (n)	贮藏时间/d		
		31	61	92
呼吸强度和淀粉含量	5	-0.119	-0.233	-0.087
呼吸强度和还原糖含量	5	0.980**	0.295	0.666
淀粉含量和还原糖含量	5	-0.285	-0.694*	-0.686*

注: * 表示在 0.05(双侧)水平上显著相关, ** 表示在 0.01(双侧)水平上显著相关。样本为贮藏 31、61、92 d 时马铃薯淀粉含量、还原糖含量以及呼吸强度。

2.6 2 种贮藏方式下马铃薯贮藏品质的综合评价

上述结果为不同海拔地区马铃薯各主要品质指标的变化情况,但为了更好更准确综合评价各项指标的测定结果,采用 Topsis 法,对 2 种贮藏方式下马铃薯贮藏效果进行分析,结果如表 3 所示。总体看来,高海拔地区威芋 3 号田间原地贮藏的效果最好,低海拔地区威芋 3 号室内堆放贮藏的效果最差。具体来说,低海拔地区会-2 号马铃薯贮藏效果与其他不一

表 3 不同条件下马铃薯贮藏 92 d 时的品质 Topsis 评价

处理代码	归一化数据结果			D+	D-	贴近度 C	排序
	淀粉	还原糖	呼吸强度				
BHD2	0.322 2	0.407 6	—	0.183 4	0.545 1	0.748 3	9
BHD1	0.300 8	0.478 5	0.593 2	0.147 5	0.894 6	0.858 4	10
QJ2	0.342 9	0.215 9	—	0.524 5	0.275 2	0.344 1	4
QJ1	0.332 4	0.266	0.416 6	0.573 4	0.425 5	0.425 9	6
GL2	0.341 8	0.200 6	0.322 9	0.817 1	0.214 8	0.208 2	1
GL1	0.3639	0.184 2	—	0.626 0	0.230 9	0.269 5	2
FQ2	0.303 6	0.210 5	—	0.556 4	0.208 2	0.272 3	3
FQ1	0.293 2	0.253 5	0.444 6	0.575 1	0.409 2	0.415 7	5
BHC2	0.278 4	0.386 6	—	0.275 1	0.490 6	0.640 7	8
BHC1	0.269 7	0.393 9	0.415 5	0.724 9	0.587 7	0.447 8	7

致,除此之外,同一品种的马铃薯,较高海拔地区贮藏的效果普遍好于较低海拔地区,并且田间原地贮藏效果比室内贮藏好;同一海拔地区,田间原地贮藏的马铃薯品质好于室内堆放贮藏马铃薯。从统计学角度

分析可以认为,马铃薯在 2 种贮藏方式下品质指标的变化均呈现一种规律,即田间原地贮藏方式优于室内堆放贮藏方式。

2.7 马铃薯淀粉含量与土壤属性相关性分析

由上述综合评价可知,田间原地贮藏方式下马铃薯贮藏效果较好,而土壤属性是田间原地贮藏的关键条件,衡量马铃薯品质的最主要指标是淀粉含量,因此,将马铃薯田间原地贮藏期间淀粉含量变化与土壤部分属性进行相关性分析(表 4)。由表 4 可知,土壤的 3 个主要性状与马铃薯块茎淀粉含量之间均存在一定的正相关关系,并且其中土壤有机质和物理性黏粒与淀粉含量的相关系数均超过了 0.5。

表 4 淀粉含量与 pH 值、有机质、黏粒之间的相关系数

项目	pH	土壤有机质	物理性黏粒
淀粉含量	0.417	0.543	0.545

注:样本为 5 个取样地点土壤 pH 值、土壤有机质、物理性黏粒和田间贮藏方式下淀粉含量变化平均值,样本数为 5。

3 结论与讨论

1) 马铃薯贮藏 61 d 是一个临界贮藏时期,各品质指标变化趋势在此时均有转折。试验结果表明,马铃薯块茎中干物质和淀粉含量在收获时最高,随着贮藏时间的增加,不同品种马铃薯块茎淀粉含量均呈下降趋势。贮藏至 61 d 时,出现极低值,随后又有所回升。而另一方面,随着贮藏时间的增加,采收后马铃薯块茎的还原糖含量和呼吸强度却逐渐增加,在 61 d 达到最高点,随后还原糖含量以及块茎的呼吸强度均转为明显的下降趋势。

2) 相关分析结果表明,马铃薯贮藏期间的 2 个主要品质指标淀粉含量和还原糖含量之间存在负相关关系,并且统计的 3 个相关系数中呼吸强度和还原糖含量、还原糖含量与淀粉含量达到显著相关,这是因为马铃薯块茎在贮藏过程中,通过呼吸作用,直接消耗了部分的还原糖,部分淀粉转化为非还原糖和蔗糖等,可见,马铃薯贮藏期间的淀粉和还原糖含量之间处于动态平衡状态。

3) Topsis 综合评价结果显示,高海拔田间原地贮藏的马铃薯经过相同的贮藏时间品质最优,此贮藏方式有利于马铃薯的保鲜。同一品种马铃薯中,海拔高的区域马铃薯淀粉含量下降最为缓慢,其次是中海拔地区,低海拔地区马铃薯淀粉含量下降最快。除低海拔地区会-2 号马铃薯外,各海拔地区马铃薯的贮藏效果均是田间原地贮藏优于室内堆放贮藏。可得出结论,贵州省六盘水地区田间原地贮藏方式较室内

堆放贮藏效果好,尤其是高海拔地区,差别更为明显。田间原地贮藏下马铃薯块茎淀粉含量与土壤 pH 值、有机质和物理性黏粒呈一定的正相关关系。

此外,本研究未对田间留存马铃薯做呼吸强度变化的测定,原因如下:①每月采样时,田间留存马铃薯的采样中未发现发芽或腐烂情况,而室内堆放马铃薯均有不同程度的发芽和腐烂,田间留存马铃薯呼吸强度肯定弱于室内堆放马铃薯;②田间马铃薯采出后,因条件限制,不能立即进入实验室进行呼吸强度的测定,若隔天测定,数据存有偏差,不具有说服力。

参考文献:

- [1] 雨华. 世界甘薯加工利用新趋势[J]. 食品研究与开发, 2003,24(5):528.
- [2] 马代夫. 世界甘薯生产现状和发展预测[J]. 世界农业, 2001(1):17-19.
- [3] 宋伯符,王胜武,谢开云,等. 我国甘薯产业现状及发展趋势[J]. 中国农业科学,1997,30(6):43-48.
- [4] 王庭茂,李明明. 我国马铃薯生产装备现状及发展趋势——我国马铃薯生产机械化专家杨德秋访谈录[J]. 农业机械,2011(10):56-62.
- [5] Herman T J, Love S L, Shaif B, et al. Chipping performance of three processing potato cultivars during long term storage at two temperature regimes[J]. American Potato Journal,1996(73):411-425.
- [6] 郝文胜,巩秀峰,李文刚,等. 中国马铃薯研究进展[M]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,1999:71-76.
- [7] 司怀军,戴朝曦. 贮藏温度对马铃薯块茎还原糖含量的影响[J]. 西北农业学报,2001,10(1):22-24.
- [8] 张亚川,郑冬梅. 贮藏温度对马铃薯品质的影响[J]. 马铃薯杂志,1999,13(2):120-123.
- [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,2007:62-64.
- [10] 门福义,刘梦芸. 马铃薯栽培生理[M]. 北京:中国农业出版社,1995:318-320.
- [11] Kwon Min-A, Kim Hyun, Hahm Dae-Hyun, et al. Synthesis activity-based zymography for detection of lipases and esterases[J]. Biotechnology Letters, 2011, 33(4): 741-746.
- [12] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业出版社,1999.
- [13] 赵萍,巩慧玲,赵瑛,等. 不同品种马铃薯贮藏期间干物质与淀粉含量之间的关系[J]. 食品科学,2004,25(11): 103.
- [14] 王肇慈. 粮油食品品质分析[M]. 2 版. 北京:中国轻工业出版社,2000:81.
- [15] 陈芳,胡小松. 加工用马铃薯低温糖化机制的研究[J]. 食品科学,2000,21(3):19-22.