

中图分类号：S532；S379 文献标识码：A 文章编号：1672-3635(2010)04-0213-04

## 不同窖藏条件下马铃薯块茎营养物质含量的变化

周长艳，秦军红，王朝霞，藏文涛，蒙美莲\*

( 内蒙古农业大学农学院，内蒙古 呼和浩特 010019 )

**摘 要：**以克新 1 号为供试材料，研究了 4 种不同窖藏条件下马铃薯块茎中干物质、淀粉、还原糖、Vc、可溶性蛋白含量的变化。结果表明：在 4 种不同窖藏条件下，马铃薯块茎中干物质、淀粉、还原糖、Vc、可溶性蛋白含量变化趋势相同，但变化幅度不同。窖内平均温度越高，湿度越小，块茎干物质、Vc、可溶性蛋白含量降低幅度越大，而淀粉含量降低幅度与还原糖增加幅度越小；反之，窖内平均温度越低，湿度越大，块茎干物质、Vc、可溶性蛋白含量降低幅度越小，淀粉含量降低幅度与还原糖含量增加幅度越大。

**关键词：**马铃薯；块茎；窖藏条件；营养物质

## Changes of Nutritious Substance Content in Potato Under Different Storage Conditions

ZHOU Changyan ,QIN Junhong ,WANG Zhaoxia ZANG Wentao ,MENG Meilian

( College of Agronomy, Inner Mongolia Agricultural University ,Hohhot, Inner Mongolia 010019, China )

**Abstract:** Changes of dry matter, starch, reducing sugar, vitamin C and soluble protein of potato tubers stored under four different conditions were studied by using cv. Kexin 1 as the experimental material. Results showed that the change pattern of dry matter, starch, reducing sugar, vitamin C and soluble protein were quite similar in the four different storage conditions, but the change rate was different. The higher the mean temperature and the lower the mean air humidity in storage, the more the content of dry matter, vitamin C and soluble protein in the tubers decreased and the less the content of starch decreased and the content of reducing sugar increased; On the contrary, the lower the mean temperature and the higher the mean air humidity in storage, the less the content of dry matter, vitamin C and soluble protein in tubers decreased and the more the content of starch decreased and the content of reducing sugar increased.

**Key Words:** potato; tuber; storage condition; nutritious substance

马铃薯块茎中含有淀粉、还原糖、Vc、可溶性蛋白等丰富的营养成分，这些营养物质含量的高低，是马铃薯鲜食、食品加工和工业加工利用价值的重要品质指标。众所周知，马铃薯块茎中营养物质含量的高低受品种遗传特性的影响，也受栽培条件、气候因素的影响。此外，块茎在贮藏期间各种生理活动仍在继续<sup>[1-2]</sup>，因此，一系列的生物化学变化会不断消耗体内积蓄的营养物质，引起鲜度下降，品

质变劣<sup>[3]</sup>，从而使马铃薯块茎的鲜食、食品加工和工业加工利用价值发生变化。贮藏条件不同，变化程度也不同。本文以马铃薯品种克新 1 号为试验材料，通过研究 4 种不同类型窖藏条件下马铃薯块茎中干物质、淀粉、还原糖、Vc、可溶性蛋白含量的动态变化，旨在进一步探讨块茎各营养物质含量变化与贮藏条件的关系，为马铃薯贮藏窖的选择和进行科学贮藏管理提供一定的理论依据。

收稿日期：2010-03-30

基金项目：公益性行业(农业)科研专项(nyhyzx 07-006，3-6-2)。

作者简介：周长艳(1984-)，女，研究生，主要从事马铃薯栽培生理研究。

\* 通信作者：蒙美莲，教授，主要从事马铃薯栽培生理研究，E-mail：mmeilian@126.com。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

以马铃薯品种克新1号为供试材料。所有块茎均在田间收获后装入网袋直接入窖贮藏。

### 1.2 试验处理及方法

试验设4种不同类型的贮藏窖, 分别是武川川宝有限公司“非”字型规模窖(A)、武川农户普通窑洞窖(B)、内蒙古农业大学半地下式砖窖(C)、集宁富广食品有限责任公司现代化贮藏库(D)。收获后的块茎取25~30 kg装入网袋中进行贮藏, 2次重复。自入窖之日起, 每隔30 d左右取样1次, 每次每处理取样2~3 kg带回室内, 挑选后取3~5块进行各营养物质含量的测定。每个窖中放置ZDR-20温、湿度自动记录仪, 连续记录贮藏期间窖内的温、湿度变化。

由于试验条件的限制, 4种窖内贮藏的克新1号块茎均由贮藏的管理者提供, 故每个贮藏块茎各营养物质含量的初始值不同。

### 1.3 各项指标的测定方法

干物质含量的测定——烘干称重法; 淀粉含量的测定——碘比色法; 还原糖含量的测定——砷钼酸比色法; Vc含量的测定——2, 6-二氯酚法; 可溶性蛋白含量的测定——考马斯亮蓝法。

## 2 结果与分析

### 2.1 贮藏期间四种不同类型窖温、湿度变化

从表1可以看出, 整个贮藏过程中A窖的温度变化在0.8~11.2℃, 平均为3.41℃; 湿度变化在98%~100%, 平均为99.71%; B窖的温度变化在-0.4~9.2℃, 平均为2.17℃; 湿度变化在88.4%~100%, 平均为98.30%; C窖的温度变化在1.8~13.9℃, 平均为5.32℃; 湿度变化在91.7%~100%, 平均为98.67%; D窖的温度变化在8.1~11.4℃, 平均为9.33℃; 湿度变化在86.1%~93.2%, 平均为90.50%。对4种贮藏窖进行比较后可以得出, 除了贮藏后180~210 d这段时间之外, 温度变化始终为D>C>A>B, 湿度变化则基本为A=B>C>D。

表1 4种不同类型窖的温、湿度平均值

Table 1 The average of temperature and humidity in four different storage cellars

贮藏窖 Cellar	入窖后天数(d) Days after storage								变化范围 Range
			0~30	30~60	60~90	90~120	120~150	150~180	180~210
A	温度(℃) Temperature		8.9	5.1	3	1.2	1.1	1.6	3.0
	湿度(%RH) Humidity		98.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
B	温度(℃) Temperature		6.2	3.2	2.1	-0.2	-0.4	0.0	4.3
	湿度(%RH) Humidity		99.7	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	88.4
C	温度(℃) Temperature		12.5	8.5	4.2	2.3	1.9	2.2	5.7
	湿度(%RH) Humidity		95.3	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	95.4
D	温度(℃) Temperature			11.4	9.4	8.1	8.4		
	湿度(%RH) Humidity			89.4	91.2	92.2	89.2		

注: 由于试验条件限制, D窖只能在收获后30 d开始试验并取样, 在150 d块茎加工完毕, 因此取样时间与温湿度记录仪记录时间为30~150 d。

Note: The experiment was started on the 30<sup>th</sup> day after harvest in D storage cellars due to test limitations, and the tuber processing was finished after 150 days. Sampling time, temperature and humidity record time were from 30 to 150 days.

### 2.2 不同窖藏条件下块茎干物质含量的变化

由图1可见, 贮藏期间, 马铃薯块茎干物质含量随贮藏时间的延长呈曲折下降变化, 且4种不同类型窖中变化趋势相同, 即块茎干物质含量在贮藏30 d内呈下降的变化趋势, 30~90 d又呈增加的变化趋势, 之后一直到210 d呈现持续下降的变化趋势。与贮藏始期相比, 贮藏150 d时, A、B、C、D

4种类型窖中块茎干物质含量分别降低了1.38%、1.21%、1.85%、4.10%, 降低幅度大小表现为D>C>A>B。在贮藏210 d后, A、B、C3种窖块茎干物质含量分别降低了18.25%、17.67%、19.53%, 降低幅度表现为C>A>B, 但差异不明显。

### 2.3 不同窖藏条件下块茎淀粉含量的变化

由图2可见, 贮藏期间, 块茎淀粉含量随贮藏

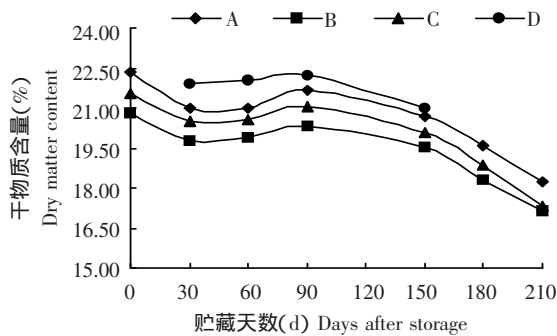


图1 不同窖藏条件下块茎干物质含量的变化

Figure 1 Change of dry matter content of potatoes under four different storages

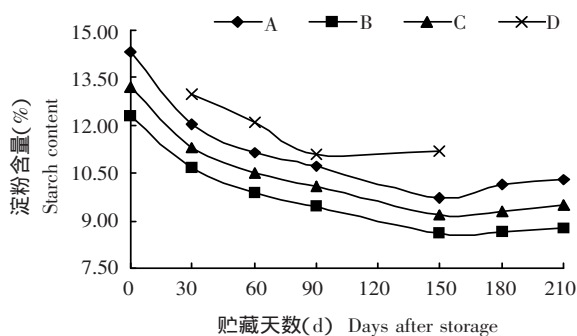


图2 不同窖藏条件下块茎淀粉含量的变化

Figure 2 Change of starch content of potatoes under four different storage conditions

时间的延长呈先降低后升高的变化趋势。A、B、C 3种窖的变化趋势相同,即在150 d内块茎淀粉含量持续降低,150 d后又逐渐升高;D窖贮藏的块茎在90 d内淀粉含量呈降低的变化趋势,之后又略有上升,但升高幅度很小。与贮藏始期相比,贮藏150 d时,A、B、C、D 4种窖中块茎淀粉含量分别降低了19.24%、19.35%、19.09%、13.63%,降低幅度大小表现为B>A>C>D;贮藏210 d时,A、B、C 3种窖块茎淀粉含量分别降低了28.07%、28.71%、27.88%,降低幅度表现为:B>A>C,但差异很小。

#### 2.4 不同窖藏条件下块茎还原糖含量的变化

由图3可见,贮藏期间,A、B、C 3种窖中贮藏的块茎还原糖含量变化趋势相同,均为随着贮藏时间的延长呈先降低后升高再降低的变化趋势。即在30 d内块茎还原糖含量略有降低,30~150 d还原糖含量持续升高,且在150 d时达到峰值,此时,与贮藏始期相比,A、B、C 3个窖中块茎还原糖含量分别增加了446.84%、499.48%、411.87%,其增加幅度表现为B>A>C;150 d之后还原糖含量

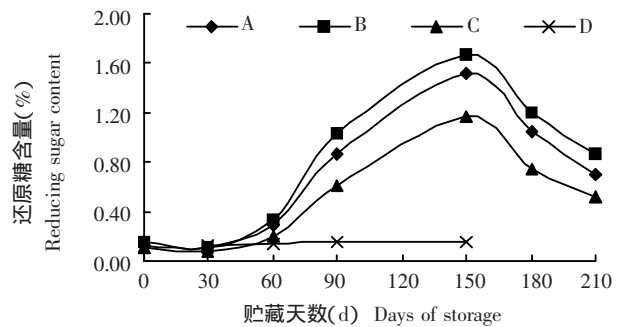


图3 不同窖藏条件下块茎还原糖含量的变化

Figure 3 Change of reducing sugar content of potatoes under four different storage conditions

又逐渐降低。D窖贮藏的块茎还原糖含量在整个贮藏期间变化不明显。

#### 2.5 不同窖藏条件下块茎Vc含量的变化

由图4可见,贮藏期间,A、B、C、D 4种类型窖中块茎Vc含量变化趋势相同,均为随贮藏时间的延长呈持续降低的变化趋势。即块茎Vc含量与贮藏时间呈负相关关系。但各个时期降低幅度不同,贮藏30~60 d、90~150 d这两个时期降低幅度较大,其它时期降低幅度较小。贮藏30~150 d,A、B、C、D 4种类型窖中块茎Vc含量分别降低了45.46%、41.16%、50.41%、53.05%,其降低幅度表现为D>C>A>B。与贮藏始期相比,A、B、C 3种窖在贮藏结束时,块茎Vc含量分别降低了59.44%、54.24%、65.75%,其降低幅度仍表现为C>A>B。

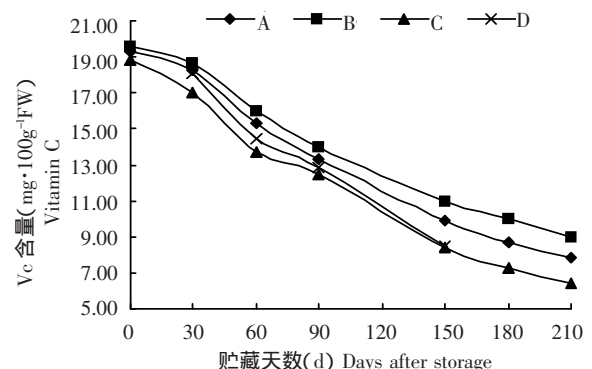


图4 不同窖藏条件下块茎Vc含量的变化

Figure 4 Change of vitamin C content of potatoes under four different storages

#### 2.6 不同窖藏条件下块茎可溶性蛋白含量的变化

由图5可见,贮藏期间,A、B、C、D 4种类型窖中块茎可溶性蛋白含量变化趋势相同,均随贮藏时间的延长呈曲折下降的变化,但降低幅度较小。

贮藏 30~150 d, A、B、C、D 4 种类型窖中块茎可溶性蛋白含量分别降低了 6.22%、6.87%、7.14%、7.49%, 其降低幅度表现为  $D > C > A > B$ ; 贮藏 0~210 d, A、B、C 3 种类型的窖中可溶性蛋白与贮藏始期相比, 分别降低了 3.81%、3.62%、4.37%, 其降低幅度仍然表现为  $C > A > B$ 。

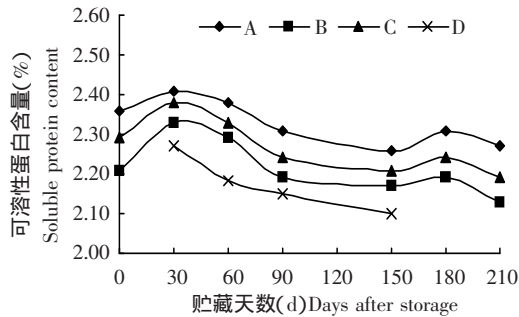


图5 不同窖藏条件下块茎可溶性蛋白含量的变化  
Figure 5 Change of soluble protein content of potatoes under four different storages

### 3 讨论

马铃薯在贮藏过程中进行的生理代谢活动是影响块茎贮藏物质含量变化的主要因素之一。温度、湿度、通风、光照等环境条件也影响块茎中各种物质含量的变化, 其中温度与湿度是最重要的因素。

本试验中不同类型窖由于窖型结构的不同, 贮藏期间窖温存在较大差异, 普通农户窑洞窖窖温最低, 平均为 2.17℃; “非”字型规模窖其次, 平均为 3.41℃; 半地下室砖窖窖温第三, 平均为 5.32℃; 现代化贮藏窖窖温最高, 平均为 9.33℃。各窖的湿度差异不大, 基本变化在 90%~100%。

温度对块茎干物质含量的影响比较复杂。温度高, 呼吸消耗多, 干物质含量降低多, 但高温又会加剧块茎的水分散失, 从而可相对提高块茎干物质含量。陈彦云<sup>[4]</sup>研究得出, 干物质在贮藏前期略微上升, 中、后期无明显变化规律。笔者研究表明, 随贮藏时间的延长, 块茎干物质含量变化幅度较小, 且在 4 种不同类型窖中贮藏干物质含量差异不明显。

淀粉是马铃薯的主要贮藏物质, 也是衡量马铃薯品质的一个重要指标<sup>[5]</sup>。块茎淀粉含量的贮藏变化是“低温糖化”的结果<sup>[6-7]</sup>。许多研究结果表明, 低温贮藏下, 马铃薯块茎会发生低温糖化现象, 淀粉分解为糖, 从而使淀粉含量降低, 还原糖含量升高。块茎低温糖化在小于 6℃ 就可发生, 但在小于

4℃ 尤为明显<sup>[8]</sup>。笔者研究也证明了这一点。即贮藏期间, 随着贮藏温度由高到低再到高的变化, 块茎淀粉含量也呈高-低-高的变化, 还原糖含量的变化则相反, 且这种变化幅度因贮藏温度高低的不同而表现不同。普通农户窑洞窖窖温最低, 其中贮藏的块茎淀粉含量降低和还原糖含量升高的幅度最大, 现代化贮藏库在整个贮藏期间温度始终保持在 8℃ 以上, 几乎不发生低温糖化现象, 淀粉和还原糖含量变化平稳。

马铃薯块茎 Vc 含量是一个极不稳定的品质指标, 在贮藏过程中有很大变化。经过 2~3 个月贮藏的块茎, 其 Vc 含量可降到贮藏始期的 50%, 5~6 个月贮藏后甚至可降到 40% 以下<sup>[9]</sup>。本研究也表明, 块茎 Vc 含量随贮藏时间的延长, 呈持续降低的趋势。贮藏 150 d 后, A、B、C、D 4 种类型窖中块茎 Vc 含量分别降低了 45.46%、41.16%、50.41%、51.94%, 且降低幅度与贮藏温度呈正相关, 贮藏温度越高, 降低的幅度越大。现代化贮藏库中, 块茎 Vc 含量降低最多, 武川农户普通窑洞窖降低最少。

已有的研究表明, 块茎蛋白质含量是一个相对稳定的品质指标, 在贮藏期间变化不大<sup>[10]</sup>。本研究也得出了相似的结果。贮藏 150 d 后, A、B、C、D 4 种类型窖中块茎蛋白质含量分别降低了 6.22%、6.87%、7.14% 和 7.49%。其降低幅度大小与贮藏温度高低一致, 窖温高的现代化贮藏库降低的最多, 普通农户窑洞窖降低的最少。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 赵萍, 李春雷, 张轶, 等. 马铃薯生产加工现状及发展前景[J]. 甘肃工业大学学报, 2003, 29(1): 76-78.
- [2] 赵萍. 马铃薯加工技术[M]. 兰州: 甘肃科技出版社, 1999.
- [3] 张维. 果蔬采后生理学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1993: 56-153.
- [4] 陈彦云. 马铃薯贮藏期间干物质、还原糖、淀粉含量的变化[J]. 中国农学通报, 2006(4): 84.
- [5] 丁映, 张敏, 雷尊国, 等. 抑芽剂对贮藏马铃薯品质与出芽的影响[J]. 贵州农业科学, 2009, 37(4): 47-48.
- [6] 马莺, 顾瑞霞. 马铃薯深加工技术[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2003.
- [7] 石瑛, 秦昕, 卢翠华, 等. 不同马铃薯品种贮藏期间还原糖及干物质的变化[J]. 中国马铃薯, 2002, 16(1): 16-18.
- [8] 门福义, 刘梦芸. 马铃薯栽培生理[M]. 中国农业出版社, 1995: 125-130.
- [9] 张培英, 吕文河, 孙丽, 等. 马铃薯块茎中维生素 C 含量的变化[J]. 马铃薯杂志, 1995, 9(1): 22-26.
- [10] 巩慧玲, 赵萍, 杨俊峰. 马铃薯块茎贮藏期间蛋白质和维生素 C 含量的变化[J]. 马铃薯杂志, 1999, 9(1): 42-44.