

# 贮藏期菊芋块茎碳水化合物含量变化动态研究

孙雪梅<sup>1</sup>, 王丽慧<sup>1,2</sup>, 钟启文<sup>1,2</sup>

(1. 青海省农林科学院, 青海 西宁 810016; 2. 青海省蔬菜遗传与生理重点实验室, 青海 西宁 810016)

**摘要:**以“青芋2号”菊芋为材料, 研究贮藏期内不同贮藏方式下菊芋块茎碳水化合物的变化动态。结果表明:在贮藏至第15天, 总果聚糖含量保持稳定, 同时低聚合度果聚糖和单、双糖含量迅速增加; 15~56 d 高聚合度果聚糖含量总体呈下降趋势, 但呈现起伏变化, 低聚合度果聚糖和单、双糖含量缓慢增加至峰值; 56~113 d 高聚合度果聚糖和总果聚糖含量迅速下降, 低聚合度果聚糖和蔗糖含量保持稳定, 还原糖也逐步降低。贮藏结束时, 菊芋块茎总体呈现果聚糖聚合度降低、果聚糖总量减少、单双糖增加、可溶性总糖增加的趋势。不同贮藏方式对碳水化合物代谢有很大影响, 室外堆放和库藏时, 块茎内的果聚糖聚合度降低、含量大幅度减少, 单双糖含量大幅度增加。

**关键词:**菊芋; 贮藏; 碳水化合物; 果聚糖

**中图分类号:** S 632.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2011)11-0131-04

菊芋(*Helionthus tuberosus* L.)为菊科向日葵属多年生草本植物, 又名洋姜, 原产地中海和北美, 经欧洲传入我国<sup>[1]</sup>, 是近年来发展较快的新型经济作物。菊芋块茎内碳水化合物含量约占鲜质量的18%~20%, 而果聚糖含量则占到总碳水化合物的80%左右, 也称为菊糖或菊粉, 是菊芋加工利用的主要物质, 现代医学研究证明, 果聚糖具有控制、降低血清胆固醇和甘油三酯含量, 降低血糖, 调节人体免疫力, 促进矿物质吸收, 防治便秘, 治疗肥胖症等多方面的生理功能, 更重要的是可选择性地增殖双歧杆菌, 改善肠道环境<sup>[2]</sup>。正是由于果聚糖的特殊生理功能, 引起了医学<sup>[3]</sup>、食品<sup>[4]</sup>、生物技术<sup>[5]</sup>等领域的广泛兴趣。然而, 菊芋块茎在贮藏过程中碳水化合物会发生变化, 尤其是果聚糖含量的降低, 单双糖含量的增加, 为加工带来损失和难度, 目前, 针对该方面的研究尚未见报道。该研究旨在通过菊对芋块茎在整个贮藏过程中果聚糖和其它碳水化合物的合成降解动态变化进行研究, 为菊芋果聚糖的深入研究和产品的研发提供理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验材料为“青芋2号”菊芋。

### 1.2 试验方法

菊芋块茎采收后运往实验室, 挑选大小均匀、无损伤的块茎随机分组, 每组块茎数量为100个, 保鲜袋包装后进行贮藏。不同贮藏方式试验设置库藏、窖藏、室外和恒温冷藏4个处理, 其中库藏、窖藏、室外试验在青海省农林科学院3号试验区进行, 恒温冷藏试验在青海省蔬菜遗传与生理重点实验室进行。库藏处理设在普通贮藏库, 无采暖通风设备; 窖藏处理设在大型蔬菜贮藏窖, 温度范围在-3~4℃, 湿度为85%~90%; 室外处理设在普通室外地面, 期间平均气温-4.6℃, 极端低温为-19℃, 昼夜温差17~22℃; 恒温冷藏处理设在普通冷藏柜, 温度为-3℃。不同恒温贮藏温度试验在普通冷藏柜设置7、2、-3、-8℃4个处理。贮藏后各处理每隔2周随机取样1次, 共9次, 各处理及指标测定均重复3次。每份样品用打孔器取样5g, 加蒸馏水沸水浴20 min, 离心取上清液, 残渣再加蒸馏水, 按上述过程提取2次, 上清液合并定容待测。

### 1.3 测定方法

可溶性总糖含量用蒽酮法。葡萄糖、果糖、蔗糖和果聚糖含量用HPLC法, 使用岛津LC20A分析系统, 配套LC10A示差折光检测器和Shim-pack SCR-101-C(7.9 mm×30 cm)糖分析专用柱。流动相为超纯水, 流速1 mL/min, 柱温80℃。样品经0.22 μm微孔滤膜过滤后进样, 进样量20 μL。葡萄糖、果糖、蔗糖测定以1%葡萄糖、果糖和蔗糖为标样。果聚糖测定时DP<6部分以相应单体果聚糖标准品为标样, 而DP≥6部分则以

**第一作者简介:**孙雪梅(1980-), 女, 硕士, 助理研究员, 现主要从事科研管理工作和作物遗传育种等方面的研究工作。

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目(30660089); 青海省重点科技攻关资助项目(2008-N-128)。

**收稿日期:**2011-03-28

Sigma 公司的高聚合度果聚糖标准品的峰面积进行折算。DP $\geq$ 6 果聚糖保留时间为 4.67 min、DP5 果聚糖为 4.78 min、DP4 果聚糖为 4.92 min、DP3 果聚糖为 5.21 min、蔗糖为 5.81 min、葡萄糖为 6.95 min、果糖为 8.50 min。

## 2 结果与分析

### 2.1 贮藏期菊芋块茎高聚合度果聚糖含量变化动态及贮藏方式的影响

在贮藏期各贮藏方式下,菊芋块茎内 DP $\geq$ 6 果聚糖含量均呈下降趋势(图 1A)。在贮藏 15 d 后各贮藏方式下 DP $\geq$ 6 果聚糖含量均下降迅速;从贮藏 15~56 d,库藏、窖藏和恒温贮藏的含量保持相对稳定,而室外块茎 DP $\geq$ 6 果聚糖含量则持续下降;从贮藏 56~113 d,室外和恒温贮藏 DP $\geq$ 6 (DP 聚合度, Degree of polymerization)果聚糖含量呈起伏变化,到贮藏结束其含量分别为 7.05% 和 10.55%,较贮藏前分别降低 45.39% 和 18.28%。库藏则下降后略有上升,到贮藏结束其含量为 9.79%,较贮藏前降低 24.17%。而窖藏则迅速下降至 5.82%,下降幅度达到 54.92%。

从图 1B 可知,恒温贮藏条件下,零上温度(7、2℃)处理和零下温度(-3、-8℃)处理分别保持相似的变化动态。菊芋块茎 DP $\geq$ 6 果聚糖含量在不同贮藏温度下总体呈下降趋势。不同温度处理在 56 d 前 DP $\geq$ 6 果聚糖含量均呈现起伏变化,从 56~113 d,7、2、-3℃处理的 DP $\geq$ 6 果聚糖含量迅速下降,而 -8℃则趋于相对稳定。到贮藏结束,7、2、-3、-8℃贮藏温度下 DP $\geq$ 6 果聚糖含量分别为 7.19%、6.71%、7.95%和 10.55%,较贮藏前降低幅度分别为 44.31%、48.03%、38.42%和 18.28%。

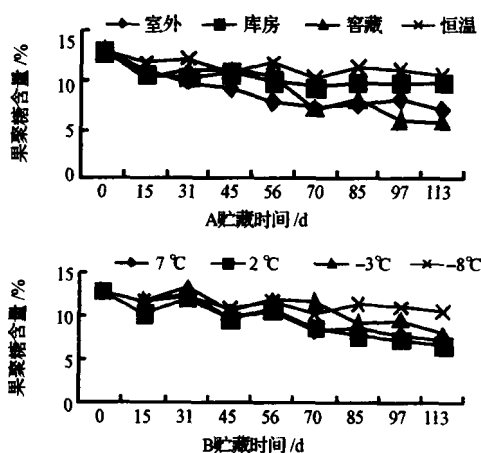


图 1 贮藏期菊芋块茎高聚合度果聚糖含量变化

### 2.2 贮藏期菊芋块茎低聚合度果聚糖含量变化动态及贮藏方式的影响

贮藏 0~15 d,各贮藏方式下的 DP<6 果聚糖含量均迅速上升;贮藏 15~56 d,各贮藏方式的含量继续缓慢上升,室外、库藏、窖藏和恒温贮藏的 DP<6 果聚糖含量达到最高值时分别为 3.49%、3.24%、3.14%和 2.09%;之后缓慢下降或趋于相对稳定,到贮藏结束其含量分别为 2.89%、2.92%、2.44%和 1.81%。

从贮藏 0~15 d,各贮藏温度下的 DP<6 果聚糖含量均迅速上升;从贮藏 15~56 d,零下温度与 7℃贮藏其含量缓慢增加,而 2℃贮藏则含量有继续增加的过程;从 56~113 d,各贮藏温度下含量均呈现缓慢下降趋势。到贮藏结束,7、2、-3、-8℃贮藏温度下 DP<6 果聚糖含量分别为 2.31%、2.67%、1.78%和 1.81%(图 2B)。

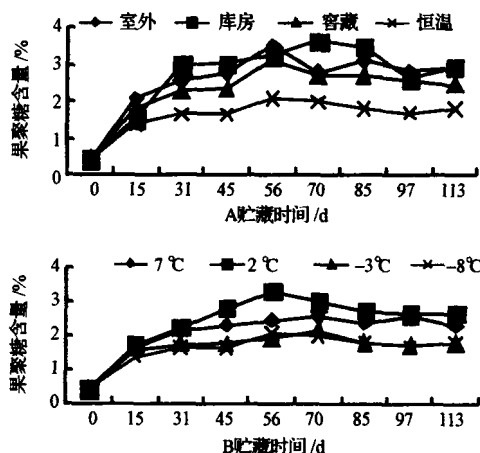


图 2 贮藏期菊芋块茎低聚合度果聚糖含量变化动态

### 2.3 贮藏期菊芋块茎总果聚糖含量变化动态及贮藏方式的影响

从贮藏 0~56 d,高聚合度果聚糖的较少与低聚合度果聚糖的增加,使得各贮藏方式下的总果聚糖含量变化相对稳定。从贮藏 15~45 d,库藏和窖藏还有少量增加,说明在贮藏过程中仍有果聚糖合成;之后逐渐下降,到贮藏结束室外、库藏、窖藏和恒温贮藏较贮藏前分别降低 25.43%、4.65%、38.03%和 7.28%(图 3A)。

从贮藏 0~56 d,各贮藏温度下的总果聚糖含量呈起伏变化,与高聚合度果聚糖相似;之后逐渐下降,到贮藏结束 7、2、-3、-8℃贮藏温度下总果聚糖含量分别为 9.5%、9.38%、9.73%和 12.36%,较贮藏前分别降低 28.73%、29.63%、27.00%和 7.28%(图 3B)。

### 2.4 贮藏期菊芋块茎蔗糖含量变化动态及贮藏方式的影响

不同贮藏方式下的蔗糖含量在全贮藏期的变化动态与 DP<6 果聚糖相似(图 4A);从贮藏 0~56 d,可溶

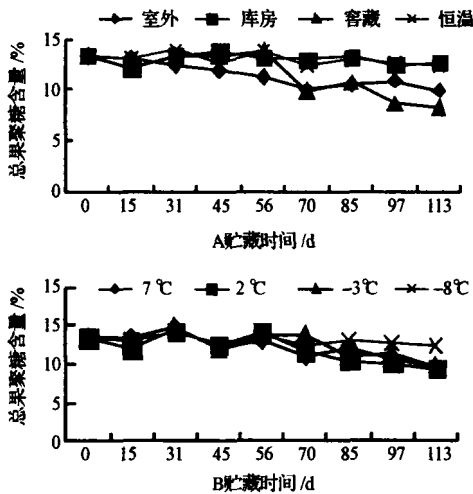


图3 贮藏期菊芋块茎总果聚糖含量变化动态

性总糖含量呈缓慢增加趋势。之后逐渐降低,到贮藏结束总糖含量除窖藏外均高于贮藏前(图4A)。各贮藏温度下的蔗糖含量趋势为-3℃、-8℃贮藏温度下呈现先增后减再增再减的起伏变化趋势。2、7℃贮藏温度下在0~70 d呈现增加趋势,之后降低,贮藏结束时,7、2、-3、-8℃贮藏温度下蔗糖含量为6.34%、6.17%、3.56%、3.68%(图4B)。

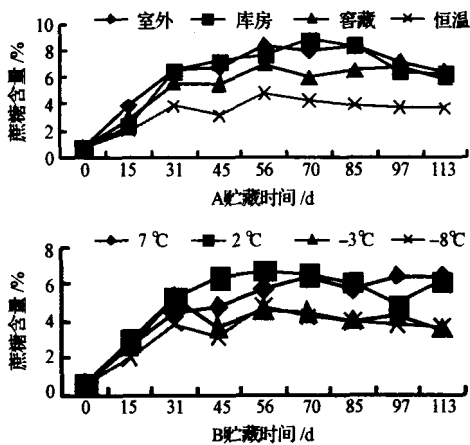


图4 贮藏期菊芋块茎蔗糖含量变化动态

## 2.5 贮藏期菊芋块还原糖含量变化动态及贮藏方式的影响

从贮藏0~15 d,各贮藏方式下的还原糖含量均迅速上升。从贮藏15~45 d趋于相对稳定,之后到56 d又迅速上升至最高值。从56~113 d,还原糖含量又逐渐下降(图5A);从56~113 d,还原糖含量又逐渐下降(图5A);7、2、-3、-8℃贮藏温度下,还原糖含量呈现起伏变化,贮藏结束时,还原糖含量分别为0.68%、0.28%、0.56%、0.18%(图5B)。

## 2.6 贮藏期菊芋块可溶性总糖含量变化动态及贮藏方式的影响

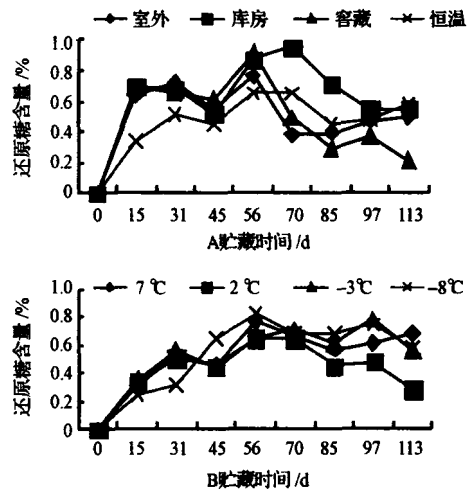


图5 贮藏期菊芋块茎还原糖含量变化动态

从贮藏0~56 d,可溶性总糖含量呈起伏增加趋势。之后逐渐降低,到贮藏结束总糖含量分别为16.52%、15.84%、15.14%、16.59%(图6A);7、2、-3、-8℃贮藏温度下,可溶性总糖呈现平稳变化趋势(图6B)。

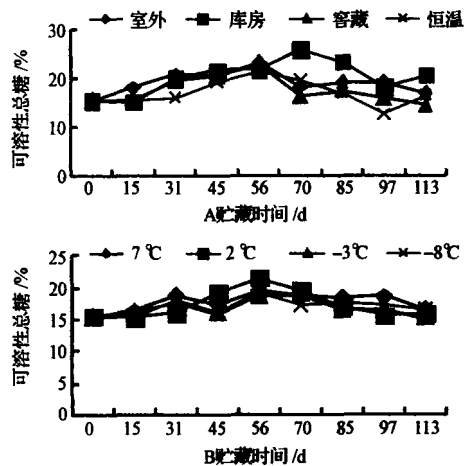


图6 贮藏期菊芋块茎可溶性总糖含量变化动态

## 3 讨论与结论

在菊芋块茎作为加工原料或种芋贮藏过程中,保持碳水化合物含量、尤其是果聚糖含量是保障加工品质和种芋质量的关键,同时单双糖的增加也给菊粉加工带来相应的难度。从研究结果可以看出,在贮藏开始的前15 d,高聚合度的果聚糖迅速水解为低聚合度果聚糖,总果聚糖含量保持稳定,同时低聚合度果聚糖和单、双糖含量迅速增加;之后的40 d,高聚合度果聚糖含量虽总体呈下降趋势,这是由于合成与水解反应的同时进行的缘故。

不同贮藏方式对菊芋块茎果聚糖及其它碳水化合物代谢的影响很大。在库藏时碳水化合物的含量较高,是因为以新鲜块茎为检测样品,而库藏时块茎迅速失

水,使得相对含量较高,若折算为干物质则果聚糖含量迅速下降。在窖藏或恒温贮藏时,较小的温差使高聚合度果聚糖降解速度变缓,到贮藏期结束时块茎果聚糖仍能保持较高的聚合度和含量,单双糖积累量也相对较小。因此,在菊芋块茎贮藏过程中应采取措施,尽量保持相对恒定的温度;恒温贮藏时,不同贮藏温度也使菊芋块茎果聚糖及其它碳水化合物的代谢呈现不同的变化。零上温度较零下温度贮藏,块茎高聚合度果聚糖降解速度快、含量降低幅度大。因此,在恒温贮藏时应尽量保持零下温度。并且研究显示,温度越低、果聚糖降解就越慢。这样就出现一个问题,在加工时仅追求提高块茎果聚糖含量,贮藏时在考虑能耗成本的情况下可以尽量降低温度。但作为种芋贮藏时,提高果聚糖含量的

同时,还应考虑在低温下其活力是否受到影响。

### 参考文献

- [1] 黄相国,葛菊梅. 青海高原菊芋(*Helianthus tuberosus* L.)开发研究述评[J]. 西北农业学报, 2004, 13(2): 35-38.
- [2] 王文玲,黄雪松,曾莉莎. 大蒜多糖的研究综述[J]. 广州食品工业科技, 2004, 20(4): 140-146.
- [3] 周文辉. 菊糖及低聚果糖的代谢及生理特性[J]. 广州食品科技, 2005, 20(2): 155-157.
- [4] Hennelly P J, Dunne P G, Osullivan M. Texture, rheological and microstructural properties of imitation cheese containing inulin[J]. Journal of Food Engineering, 2006, 75(3): 388-395.
- [5] 王鹏冬,杨新元,张捷. 菊芋在向日葵育种中的应用[J]. 陕西农业科学, 2004(4): 38-39.

## Study on Change of the Carbohydrates Content of *Jerusalem artichoke* During Storage

SUN Xue-mei<sup>1</sup>, WANG Li-hui<sup>1,2</sup>, ZHONG Qi-wen<sup>1,2</sup>

(1. Qinghai Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Xining, Qinghai 810016; 2. Qinghai Key Laboratory of Heredity and Psychology of Vegetables, Xining, Qinghai 810016)

**Abstract:** *Jerusalem artichoke* (Qingyu 2) was used to study the change of the carbohydrates content of tuber in different storage conditions. The results showed that the content of general fructan remained steady, simultaneously the content of low DP fructan and simple sugar and polysaccharide increased rapidly during 0~15 d; the content of high DP fructan fall down on the whole, it was unsteady and fluctuating, the content of low DP fructan and simple sugar and polysaccharide increased gradually to peak during 15~56 d; the content of high DP fructan and general fructan decreased rapidly, the content of low DP fructan remained steady, reducing sugar content progressively reduced during 56~113 d. The trend that polymerization degree and general fructan reduced and simple sugar and polysaccharide and soluble sugar content increased assumed of when the storage ended. The different storage style affected greatly the metabolism of carbohydrates, the DP reduced and the content decreased by leaps and bounds, simple sugar and polysaccharide increased by using outdoor storage and pool storage.

**Key words:** *Jerusalem artichoke*; storage; carbohydrate; fructan