

贮藏温度对雪莲果块根品质的影响

贺 森,赵荣华,曹冠华*,巴文芳,李 颖,李 兵,阳 林
(云南中医学院中药学院,云南昆明 650500)

摘 要:本文研究了不同贮藏温度对雪莲果块根中总糖、低聚果糖、蛋白质可溶性固形物含量及果实硬度的影响,同时分析了多酚氧化酶、过氧化氢酶在不同贮藏温度下随时间的变化关系。结果显示,在贮藏过程中,贮藏温度越高,总糖、蛋白质含量降幅越大,降速越快,尤其是在前7d,而0℃和4℃的贮藏效果则相对较好,综合硬度和低聚果糖含量来考虑,4℃下贮藏效果较好。多酚氧化酶和过氧化物酶在4个贮藏温度下均呈现先升后降的趋势,且温度越高,酶活性峰值越早出现。

关键词:雪莲果块根,贮藏温度,低聚果糖,多酚氧化酶,过氧化物酶

Effect of storage temperature on the quality of Yacon Tuber (*Smallanthus Sonchifoliusunder*)

HE Sen, ZHAO Rong-hua, CAO Guan-hua*, BA Wen-fang, LI Ying, LI Bing, YANG Lin

(College of Traditional Chinese Medicine, Yunnan University of Traditional Chinese Medicine, Kunming 650500, China)

Abstract: In this paper, the change of contents of total sugar, fructo-oligosaccharide (FOS), protein, soluble solid, and the hardness of fruit affected by storage temperature were studied. Meanwhile, the activity of polyphenol oxidase (PPO) and peroxidase (POD) was also analyzed. The results showed that the higher the storage temperature was, the greater and faster the contents of total sugar, protein declined in storage, especially, in first 7 days. The better storage temperature was 0℃ and 4℃. Taking hardness and fructo-oligosaccharide (FOS) as consideration, 4℃ was the best storage temperature. The activity of PPO and POD rose at first and then went down under 4 different storage temperatures. Interestingly, the higher the temperature was, the earlier the enzyme activity peak appeared.

Key words: Yacon tuber; storage temperature; fructo-oligosaccharide (FOS); peroxidase (POD); polyphenol oxidase (PPO)

中图分类号: TS255.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2015)11-0328-04

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2015.11.058

雪莲果 (*Smallanthus sonchifolius* Poepp & Endl.), 又名亚贡, 菊薯, 为菊科多年生草本植物, 原产于南美洲的安第斯山脉, 是当地人的一种传统食品, 至今已有 500 多年的食用历史^[1-2]。由于地理和气候条件相近, 云南省嵩明县率先在我国引种雪莲果, 并成为我国的“雪莲果之乡”, 之后在四川、福建、海南、贵州、陕西等地推广种植。

雪莲果不但营养丰富, 而且具有多种保健功效。云南雪莲果块根含有 18 种人体必需的氨基酸及丰富的钙、镁、铁、锌、硒等矿物质, 同时还富含各种维生素及生长因子^[3]。其中低聚糖占干物质的 40%~50%, 显著高于其他植物^[4-5]。由于雪莲果中的低聚果糖 (fructo-oligosaccharide, FOS) 不易被人体吸收, 但能被肠道内益生菌群利用, 故雪莲果是糖尿病、高血脂、高血压、便秘、肥胖患者理想的天然食品。此

外, 雪莲果还富含多种药理活性物质, 如具较强抗氧化作用的酚酸类物质, 具抑菌和抗癌作用的萜类物质及降血糖功效的类黄酮类和槲皮素^[2-6]。

目前, 国内对雪莲果块根的研究多集中在种植和加工方面^[7-9], 国外则对其保健功效研究较多, Alexandre Lobo 等^[10]和 Susana Genta 等^[11]的研究发现, 雪莲果中的低聚果糖对维持威斯塔鼠盲肠和骨骼中钙、镁平衡及系统免疫力具有显著的积极意义。有研究证实, 雪莲果块根对肥胖、糖尿病及肿瘤具有较好的疗效和预防作用^[12-15], FOS 和抗氧化活性物质发挥重要作用^[16]。另有研究发现, 雪莲果叶提取物同样具有降低高血糖、提高胰岛素分泌量的功能^[17]。

本文以云南省嵩明县雪莲果块根为对象, 研究了不同贮藏温度对雪莲果块根主要理化指标及过氧化物酶 (peroxidase, POD)、多酚氧化酶 (polyphenol

收稿日期: 2014-10-11

作者简介: 贺森 (1984-), 男, 博士, 主要从事园艺产品贮藏与保鲜研究。

* 通讯作者: 曹冠华 (1985-), 男, 硕士, 主要从事园艺方面的研究。

基金项目: 云南中医学院科学研究基金项目 (XK201326)。

oxidase, PPO)活性的影响,以期为做好雪莲果块根贮藏提供实验依据。

1 材料及方法

1.1 材料与仪器

雪莲果块根,于2013年11月7日至9日采自云南省嵩明县,选取成熟度接近、大小一致、无病虫害、无机械损伤、外形圆整的雪莲果块根用于实验;实验中所用试剂均为分析纯。

UV-1800PC 紫外分光光度计 翱艺仪器(上海)有限公司;WB29 德国美尔特水浴锅 上海楚柏实验室设备有限公司;GY-3 硬度计 浙江托普仪器有限公司;WYT 手持糖度计 成都豪创光电仪器有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 处理方法 将采后雪莲果块根进行去泥、清洗、晾干处理,注意避免人为损伤,使外皮尽量完好;之后将其分别放在0、4、10、25℃冰箱或恒温箱中进行贮藏处理,每个处理设3个重复,每个重复含10~12只雪莲果块根。每隔7d取样分析一次。

1.2.2 POD活性测定 采用愈创木酚比色法进行测定,以每分钟 OD_{470} 变化0.01为1个活力单位(U)计算雪莲果块根POD活力单位。

酶液的制备:精确称量雪莲果块根2.500~3.000g,加入pH6.0磷酸盐溶液30.00mL,置于研钵中充分研磨,用磷酸盐溶液定容至100mL,过滤备用;POD酶活力测定:取两根试管,一根试管加入反应混合液3.00mL(反应混合液:取25.00mL磷酸缓冲溶液于烧杯中,加入愈创木酚140 μ L,溶解,加入30%过氧化氢95 μ L,混匀置冰箱保存备用),磷酸盐溶液1.0mL,作为试剂空白对照;另一试管加入反应混合液3.00mL,酶液0.10mL,补充磷酸盐溶液至总体积为4.00mL,迅速混匀。1min后用1cm玻璃比色皿于470波长条件下测定其吸光值,连续测定5次,间隔时间均为1分钟,求斜率 ΔA_{470} ,重复测定3次,取 R^2 值最大的一组数据。

计算公式:

$$\text{过氧化物酶活力}(U/g \cdot \text{min}) = \frac{A_1 \times 100}{m \times V_1 \times 0.01}$$

式中: A_1 -470nm下吸光度每分钟变化平均值; V_1 -测定时吸取供试酶液的体积(mL); m -提酶样品重量,以干基重表示(g);100-酶液稀释总体积(mL)。

1.2.3 PPO活性的测定 采用邻苯二酚比色法进行测定,以每分钟 OD_{410} 变化0.01为1个活力单位(U)计算雪莲果块根PPO活力单位。

酶液的制备:称取样品3.000~3.500g,用预冷蒸馏水研磨匀浆,定容至100mL,在18~20℃下浸提30min,中间摇动数次,过滤备用。PPO活力测定:取两支刻度试管,一支加入6.00mL pH6.0的磷酸氢二钠-柠檬酸缓冲液试管,1.00mL 0.5%邻苯二酚溶液,在30℃恒温水浴中预热后加入1.00mL灭酶后的酶液,2.00mL蒸馏水,以此调零;另一支试管加入6.00mL pH6.0的磷酸氢二钠-柠檬酸缓冲液试管,1.00mL 0.5%邻苯二酚溶液,在30℃恒温水浴中预热

后加入1.00mL酶液,反应5min,加热灭酶以终止反应,以5000r/min离心10min,取上清液备用。在410nm下测定吸光度。

计算公式:

$$\text{多酚氧化酶活力}(U/g \cdot \text{min}) = \frac{A_1 \times V_1}{m \times V_1 \times t \times 0.01}$$

式中: A_1 -一定时间内410nm下吸光度变化平均值; V_1 -测定时吸取供试酶液的体积(mL); m -提酶样品重量,以干基重表示(g); t -反应时间(min); V_T -酶液稀释总体积(mL)。

1.2.4 总糖和FOS含量的测定 采用DNS比色法进行测定,参考魏军香^[18]的方法。得标准曲线回归方程: $R^2 = 0.998$,吸光度在0.2~1.5间有良好的线性关系。

1.2.5 硬度的测定 参考NY/T 2009-2011。

1.2.6 蛋白质和粗脂肪的测定 蛋白质采用分光光度法进行测定,具体参考GB/T 5009.5-2010,得标准曲线回归方程: $R^2 = 0.998$,吸光度在0.1~0.9间有良好的线性关系;粗脂肪采用索氏抽提法进行测定,参考GB/T-14472-2008。

1.2.7 可溶性固形物含量的测定 取雪莲果块根新鲜汁液,用手持糖度计进行测定,每个样测3次,取平均值。

1.2.8 数据处理 本实验最终结果以样品干基重表示。所用数据处理软件为Excel 2007。

2 结果与分析

2.1 不同贮藏温度对雪莲果块根总糖及FOS含量的影响

由图1a可知,在贮藏过程中,雪莲果块根总糖含量持续下降,其中,0℃和4℃、总糖含量下降趋势较为平缓,至第35d时,降幅分别为26.51%、26.90%;而10℃和25℃贮藏条件下,总糖含量下降相对迅速,尤其是后者,贮藏结束时,降幅已达50.51%,这可能和自身的生命活动旺盛相关。

由图1b可见,FOS的含量与总糖含量变化趋势相似。相比25℃,在0℃、4℃和10℃下,后者FOS的损耗更少,呈平缓下降趋势,至第35d,其损耗量分别为16.02%、15.70%和13.56%。

2.2 不同贮藏温度对雪莲果块根蛋白质含量的影响

蛋白质是雪莲果块根中重要的营养物质,其含量约占鲜重的0.5%^[3],干基重的4%^[18],较本实验的测定值略高。由图2可知,在贮藏过程中,雪莲果块根蛋白质含量不断下降,在前7d,其下降速度较快,随着时间的延长下降速度减缓。4个温度相比较发现,贮藏温度越高,则下降幅度越大,至贮藏结束时,25℃下的降幅约为0.4、10℃的1.8、1.6、1.3倍。

2.3 不同贮藏温度对雪莲果块根硬度的影响

果实硬度反映了果实的新鲜程度,在贮藏过程中,随着果实的萎焉,其硬度逐渐降低。由图3可知,在贮藏过程中,雪莲果块根硬度逐渐降低,其中4℃降幅最小,0℃和10℃接近,25℃降幅最大,其中0、4、10℃的硬度水平基本维持在6~8kg/cm²范围之内,与孟卫芹等^[19]测定的结果相近。

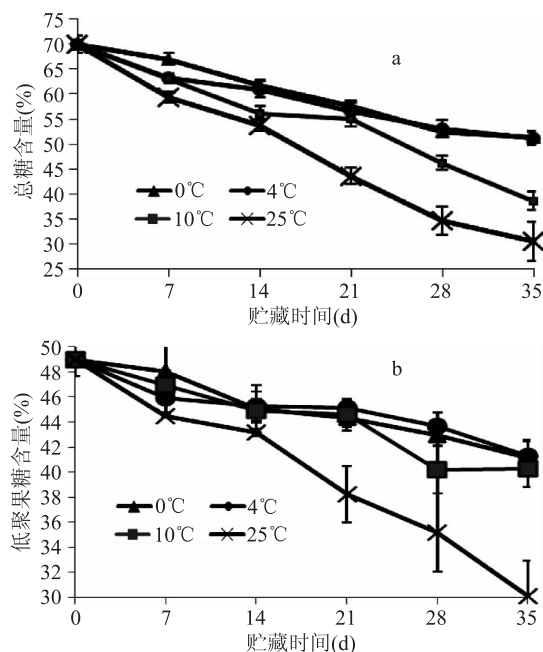


图1 不同贮藏温度对雪莲果块根总糖及FOS含量的影响

Fig.1 The change of total sugar and FOS in yacon tuber under different storage temperature

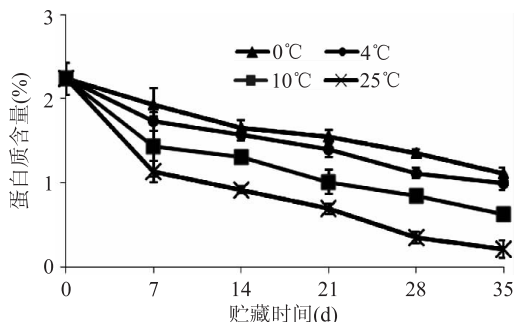


图2 不同贮藏温度对雪莲果块根蛋白质含量的影响

Fig.2 The change of protein in yacon tuber under different storage temperature

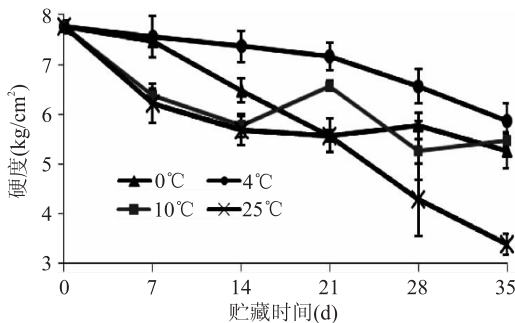


图3 不同贮藏温度对雪莲果块根硬度的影响

Fig.3 The change of hardness in yacon tuber under different storage temperature

2.4 不同贮藏温度对雪莲果块根可溶性固形物含量的影响

由图4可知,可溶性固形物含量在贮藏过程中呈现先降后升的趋势,维持在8%~18%之间。在前7d,4、10、25℃贮藏条件下,可溶性固形物含量大幅下降,最高降幅达40%,之后开始稳步上升,至35d

时,已接近或超过初始值。而0℃贮藏条件下,在前21d可溶性固形物含量呈下降趋势,28d后开始上升。可溶性固形物在早期因为果实呼吸作用损耗而有所下降,接着随着其他有机物质的分解而升高,在贮藏后期,因雪莲果块根腐败变质而迅速升高。

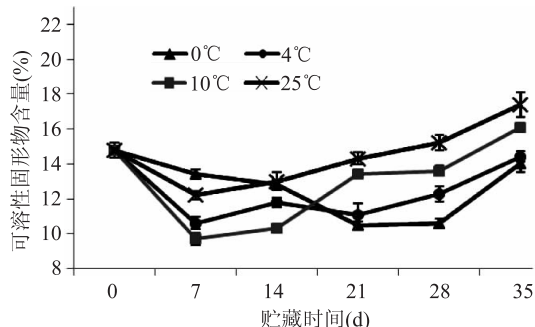


图4 不同贮藏温度对雪莲果块根可溶性固形物含量的影响

Fig.4 The change of soluble solid in yacon tuber under different storage temperature

2.5 不同贮藏温度对雪莲果块根POD活性的影响

POD是植物体细胞内活性较高的一种还原性酶,是植物在低温、干旱等逆境条件下酶促防御系统的关键酶之一,具有清除过剩自由基、使有毒物质失活等作用,从而提高植物的抗逆性,可作为表征植物抗逆性的指标^[20]。由图5可知,在贮藏过程中,POD酶活性变化趋势基本为先降后升再降,总体呈下降趋势,且幅度较大,截至到第35d时,POD活性最低降至60U/g·min左右。0℃贮藏条件下,POD活性在前7d大幅下降,推测与低温导致酶活性下降有关,在第14d时,有小幅回升,之后持续下降;在4℃和10℃下,POD活性变化趋势与0℃基本一致,但酶活力保持较高,在前14d时,10℃下的POD活性较高,之后迅速降低;在25℃下,至第7d,POD活性达到最大值,随后快速下降。对比4种贮藏温度,4℃下POD的活性变化趋势相对平缓。

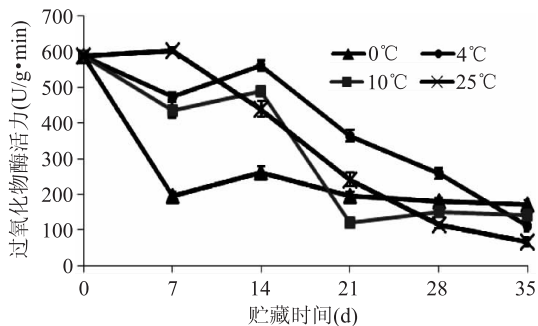


图5 不同贮藏温度对雪莲果块根过氧化物酶活性的影响

Fig.5 The change of POD activity in yacon tuber under different storage temperature

2.6 不同贮藏温度对雪莲果块根PPO活性的影响

PPO是酶促褐变中的关键酶之一,其可催化内源性酚类物质氧化生成邻醌,继而络合成褐色素,吸附在淀粉颗粒上,导致果实或产品品质下降^[21]。由图6可知,在贮藏过程中,雪莲果块根PPO活性为先升后降,在10℃和25℃下,PPO活性在前7d呈升高

快速趋势,至第7d达到峰值,而在0℃和4℃下,PPO活性峰值推迟了7d才出现,且温度越高,其峰值也越大。在达到峰值之后,酶活迅速降低,至第35d,降幅平均达96%。横向比较可知,0℃贮藏条件下,PPO活性变化相对平缓,其次是4、10、25℃。PPO活性的变化趋势与百合、香椿、南国梨相类似,均为先升后降^[22-24]。

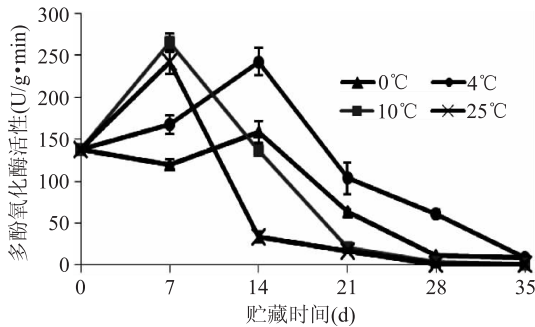


图6 不同贮藏温度对雪莲果块根多酚氧化酶活性的影响

Fig.6 The change of PPO activity in yacon tuber under different storage temperature

3 结论

在贮藏过程中,雪莲果块根总糖、蛋白质的含量降幅较大,且贮藏温度越高,降幅越大,降速越快;而FOS含量和硬度变化相对较小(25℃除外)。综合考虑,4℃为雪莲果块根最优贮藏温度。

在4个贮藏温度条件下,POD及PPO活性变化趋势均为先升后降,且温度越高,酶活性峰值越早出现。

参考文献

[1] Valentová K, Ulrichová J. *Smallanthus sonchifolius* and *lepidium meyenii*—prospective andean crops for the prevention of chronic diseases[J]. *Biomed Papers*, 2003, 147(2): 1192–1301.

[2] 金文闻, 余龙江, 孟思进, 等. 亚贡的植物学及其药理作用研究概况[J]. *中草药*, 2006(4): 633–636.

[3] 汪禄祥, 黎其万, 刘家富, 等. 云南雪莲果的营养成分及质量安全评价[J]. *广东农业科学*, 2008(5): 22–24.

[4] Delgado G T, Tamashiro W M, Junior M R, et al. Yacon (*Smallanthus sonchifolius*): A functional food[J]. *Plant Foods for Human Nutrition*, 2013, 68(3): 222–228.

[5] Sumiyanto J, Dayan F E, Cerdeira A L, et al. Oligofructans content and yield of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) cultivated in Mississippi[J]. *Scientia Horticulturae*, 2012, 148(2): 83–88.

[6] 李卓亚. 雪莲果化学成分及其药理作用的研究进展[J]. *食品与药品*, 2007, 9(6): 41–43.

[7] 白桂芬. 雪莲果叶茶的保健功能和加工技术[J]. *农产品加工*, 2010, 9(2): 82–83.

[8] 陈红惠. 雪莲果叶中酚酸的分离鉴定及其生物活性研究[D]. 武汉: 华农业大学, 2009.

[9] 何长松. 雪莲果高产栽培技术研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2009.

[10] Lobo A R, Colli C, Alvares E P, et al. Effects of fructans-containing yacon (*Smallanthus sonchifolius* Poepp & Endl.) flour on caecum mucosal morphometry, calcium and magnesium balance, and bone calcium retention in growing rats[J]. *British Journal of Nutrition*, 2007, 97(4): 776–785.

[11] Genta S, Cabrera W, Habib N, et al. Yacon syrup: Beneficial effects on obesity and insulin resistance in humans[J]. *Clinical Nutrition*, 2009, 28(2): 182–187.

[12] Habib N C, Honoré S M, Genta S B, et al. Hypolipidemic effect of *Smallanthus sonchifolius* (yacon) roots on diabetic rats: Biochemical approach[J]. *Chemico-Biological Interactions*, 2011, 194(1): 31–39.

[13] Moura N A, Caetano B F, Sivieri K, et al. Protective effects of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) intake on experimental colon carcinogenesis[J]. *Food and Chemical Toxicology*, 2012, 50(8): 2902–2910.

[14] Oliveira G O, Braga C P, Fernandes A H. Improvement of biochemical parameters in type 1 diabetic rats after the roots aqueous extract of yacon [*Smallanthus sonchifolius* (Poepp.& Endl.)] treatment[J]. *Food and Chemical Toxicology*, 2013, 59: 256–260.

[15] Satoh H, Nguyen M T, Kudoh A, et al. Yacon diet (*Smallanthus sonchifolius*, Asteraceae) improves hepatic insulin resistance via reducing Trb3 expression in Zucker fa/fa rats[J]. *Nutrition & Diabetes*, 2013(3): 1–6.

[16] Campos D, Indira B P, Chirinos R, et al. Prebiotic effects of yacon (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. & Endl.), a source of fructooligosaccharides and phenolic compounds with antioxidant activity[J]. *Food Chemistry*, 2012, 135(3): 1592–1599.

[17] Honoré S M, Cabrera W M, Genta S B, et al. Protective effect of yacon leaves decoction against early nephropathy in experimental diabetic rats[J]. *Food and Chemical Toxicology*, 2012, 50(5): 1704–1715.

[18] 魏军香. 略阳雪莲果块根采收期和储藏条件的选择及产品试制[D]. 杨陵: 西北农业大学, 2012.

[19] 孟卫芹, 王庆国. 雪莲果及其鲜切产品贮藏技术的初步研究[J]. *现代食品科技*, 2010, 26(6): 585–587.

[20] 梁雪, 贺锋, 肖蕾, 等. 葛蒲过氧化物酶测定条件的研究[J]. *生物学杂志*, 2012, 12(6): 87–89.

[21] 周向军, 高义霞, 张生财. 雪莲果过氧化物酶的特性和抑制研究[J]. *中国酿造*, 2011, 226(1): 109–112.

[22] 杨颖, 邢志恩, 王军, 等. 贮藏期香椿中多酚类物质含量与相关酶活变化的关系[J]. *食品科技*, 2010, 35(2): 24–28.

[23] 马岩松, 车芙蓉, 张平, 等. 南国梨多酚氧化酶最适作用酶促褐变底物的分析确定[J]. *食品科学*, 2000, 21(1): 11–13.

[24] 蒋益虹. 百合褐变与多酚氧化酶和过氧化物酶活性关系的研究[J]. *浙江大学学报*, 2003, 29(5): 518–522.