

# 菊芋的冰点及部分理化指标测定研究

刘才子<sup>1</sup>, 赵倩倩<sup>1</sup>, 王秀飞<sup>2</sup>, 康 优<sup>1</sup>, 高 阳<sup>1</sup>, 刘 鹏<sup>2</sup>, 王 勇<sup>1\*</sup>

(1. 吉林省农业科学院农产品加工研究所, 长春 130033; 2. 吉林省农业科学院农村能源研究所, 长春 130033)

**摘要:**以6个品种菊芋的块茎为材料,测定了菊芋的冰点温度、糖度、含水率和pH值,为确定菊芋的储藏及后续加工提供理论依据。结果表明,菊芋的冰点温度在-1.16~-2.10 °C,主要分布在-1.2 °C和-2.1 °C两个温度点附近;菊芋的糖度在18.7%~23.5%,大部分集中在20%左右;含水率在74.84%~80.13%;pH值在6.35~6.56,呈弱酸性。冰点的测定结果与原料的保存方式有关,冰点与糖度、含水率、pH值之间的相关性不强。

**关键词:**菊芋;冰点;糖度;含水率;pH值

中图分类号:S632.9

文献标识码:A

文章编号:2096-5877(2023)04-0113-04

## Determination of Freezing Point and Some Physical and Chemical Indexes of Jerusalem Artichoke

LIU Caizi<sup>1</sup>, ZHAO Qianqian<sup>1</sup>, WANG Xiufei<sup>2</sup>, KANG You<sup>1</sup>, GAO Yang<sup>1</sup>, LIU Peng<sup>2</sup>, WANG Yong<sup>1\*</sup>

(1. Institute of Agro-food Technology, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033; 2. Institute of Rural Energy and Ecology, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033, China)

**Abstract:** The freezing point temperature, sugar content, water content and pH value of Jerusalem artichoke tubers were measured, which provided a theoretical basis for storage and subsequent processing. The results showed that the freezing point temperature of Jerusalem artichoke ranged from -2.10 °C to -1.16 °C, mainly distributed around -1.2 °C and -2.1 °C. The sugar content of Jerusalem artichoke ranged from 18.7% to 23.5%, with the majority concentrated around 20%. The water content ranged from 74.84% to 80.13%. The pH value ranged from 6.35 to 6.56, showing weak acidity. The result of freezing point is related to the way of storage of raw materials. There is a positive correlation between freezing point and sugar content, but it is not linear.

**Key words:** Jerusalem artichoke; Freezing point; Sugar content; Moisture content; pH value

菊芋(*Helianthus tuberosus* L.)为菊科向日葵属多年生草本植物,俗称洋姜、鬼子姜<sup>[1]</sup>,原产于北美,其可食用部分包括块茎和嫩叶,被粮农组织称为“21世纪人畜共用作物”<sup>[2]</sup>。菊糖是菊芋块茎中的主要成分,鲜块茎中菊糖含量占15%~18%,干物质中约80%为菊糖<sup>[3]</sup>,菊糖不像其他碳水化合物一样容易被人体的消化酶水解,属于非消化型糖类,主要用于低热量食物的添加剂以及膳食纤维等的生产<sup>[4]</sup>。

我国菊芋研究主要集中在生理生化、菊糖提

取、分子标记、种质资源、贮藏保存等方面<sup>[5]</sup>。菊芋属于无性繁殖,主要通过块茎经休眠后再发芽繁殖,准确地知道菊芋的冰点温度,对于防止贮藏过程中发生冻害,降低加工原料品质是至关重要的。采摘后的菊芋块茎在不同的条件下贮藏,菊芋中的水分、糖分等物质会发生一系列的变化<sup>[6]</sup>,孙雪梅等<sup>[7]</sup>研究了不同贮藏期菊芋块茎碳水化合物的含量变化,证明了库藏、窖藏、室外和恒温冷藏不同方式对碳水化合物代谢有很大影响。赵孟良等<sup>[8]</sup>研究了4个菊芋品种在低温胁迫下的耐寒性,半致死温度在-23.7~-2.4 °C<sup>[8]</sup>。国内对于菊芋的贮藏保鲜研究较少。

本研究通过测定菊芋汁的冰点、糖度、含水率和pH值数据,确定了几个菊芋品种的冰点温度,同时测定了部分理化指标,为后续的菊芋保鲜与加工研究提供理论依据。

收稿日期:2023-04-30

基金项目:吉林省科技发展计划技术攻关项目(20190301067NY);吉林省农业科技创新工程杰出青年项目(CXGC2017JQ008)

作者简介:刘才子(1991-),女,研究实习员,硕士,从事特产及果蔬加工研究。

通讯作者:王 勇,男,博士,研究员,E-mail: wyjaas@163.com

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与仪器设备

#### 1.1.1 材料

菊芋原料来自吉林省农业科学院繁育与改良品种,包括菊芋4号、菊芋7号、菊芋9号、菊芋18号、菊芋32号和菊芋60号,共计6个品种,冬季采取土壤深埋保藏措施,春季直接从试验地中挖出进行测定。

#### 1.1.2 仪器与设备

程式恒温恒湿试验箱(DY-80-880S,东莞市鼎耀机械公司);电子快速水分测定仪(XY-105MW,常州市幸运电子设备有限公司);数显糖度计(SW-55D,分辨率0.1%Brix,广州市速为电子科技有限公司);标准水银温度计(-30~20℃,最小分度值0.1℃,河北省武强县中兴玻璃计器厂);高精密水银温度计(-2~2℃,最小分度值0.01℃,衡水创纪仪器仪表有限公司);榨汁机(Hurom SJ-600R,惠仁公司)。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 冰点的测定

将新鲜的菊芋洗净,用刀切成大块,投入榨汁机中,直接榨取块茎的汁液,用纱布(200目)过滤一次,过滤液置于烧杯中备用。

取60 mL过滤液于玻璃试管(内径28.5 mm,外径32.0 mm,长度115 mm)中,将水银温度计插入硅胶塞,硅胶塞固定于试管口,使温度计的水银球完全浸没在液体中,水银球不要接触到试管底部或者试管壁,将试管固定在铁架台上。

将恒温恒湿箱温度设定为-10℃恒定,待温度稳定后,把装有菊芋汁的铁架台放入箱中,调整到适宜观察的角度,当液体温度下降到2℃时开始记录,间隔每20 s记录一次,至试管中菊芋汁全部冻结停止记录,测定实验结束,每次试验平行测定3次<sup>[9]</sup>。

#### 1.2.2 糖度的测定

糖度计是根据可溶性固形物(糖)含量与折光率在一定条件下成正比的原理来测量,通过测定果蔬汁液的折光率,可直接得出汁液含糖量的数值。用吸管取室温下的菊芋汁约0.5 mL滴在糖度计的测量槽内,迅速盖上盖子进行测定,每次试验平行测定3次。

#### 1.2.3 含水率的测定

将新鲜的菊芋用清水洗净,并用试纸吸干表面水分,快速切成0.5 mm左右厚的薄片并平铺在快速水分测定仪的托盘上,迅速盖上盖子进行水

分测定(温度设定为150℃),待水分测定完毕声音提示后结束,每次试验平行测定3次。

#### 1.2.4 pH值的测定

取20 mL菊芋汁置于小烧杯中,将手持式pH计插入烧杯中,使液面没过pH计的玻璃针头,保持pH计静止,待数值稳定后进行记录,重复测定3次。

## 2 结果与讨论

### 2.1 菊芋冰点的测定

#### 2.1.1 菊芋冰点的测定结果

液体在低温条件下,温度会随着时间下降,下降到过冷点(首个最低点),由液体到固体的变化过程中会有短暂的放热过程,因此液体温度会有一个短暂的反转上升,上升到最高点(冰点)后,温度会继续下降,直至液体完全冰冻。在前期的预实验中,先使用量程为-30~20℃,精度为0.1℃的温度计测定,按照1.2.1的方法先确定出菊芋的冰点约在-2~-1℃附近,再使用量程为-2~2℃,精度为0.01℃的温度计准确测量出菊芋冰点的数值。不同品种菊芋冰点的测量曲线见图1,冰点数值见表1。

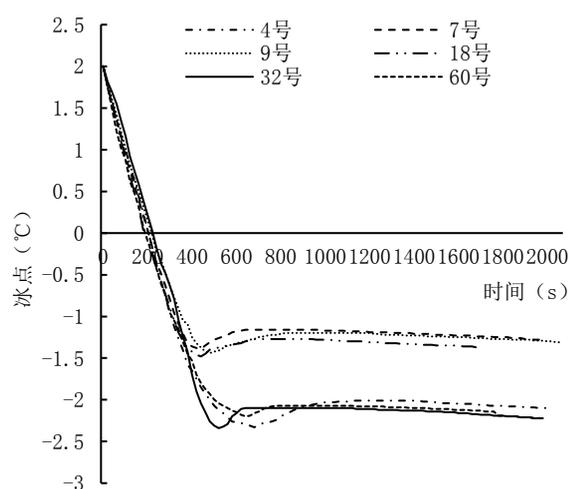


图1 不同品种菊芋冰点测定温度变化曲线

表1 不同品种菊芋的冰点、糖度、含水率和pH值

品种	冰点	糖度(%)	含水率(%)	pH
4号	-1.26	23.5	76.18	6.49
7号	-1.16	20.5	76.32	6.41
9号	-1.20	19.7	79.08	6.35
18号	-1.27	19.8	74.84	6.56
32号	-2.10	19.2	75.13	6.49
60号	-2.07	18.7	80.13	6.49

多数果蔬冰点范围在0~-2℃<sup>[10]</sup>,这与试验所得的结果也较为吻合,表1中32号和60号菊芋品

种的冰点略微低于 $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,但仍处于温度计给出标注的刻度线范围内。孙雪梅等测定了青芋3个品种的冰点温度为 $-1.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ <sup>[11]</sup>,并认为菊芋冰点温度在不同贮藏时间品种之间没有多大的差异;Stanley研究表明,菊芋块茎在温度低于 $-2.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时冻结<sup>[12]</sup>,以上二者的研究结论与本文的数据较为接近。本试验中6个品种菊芋的冰点大致在 $-1.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $-2.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 这两个温度点附近,4号、7号、9号和18号是本单位多年培育的品种,32号和60号是改良品种,故两类冰点可能存在较大差距。

## 2.1.2 影响菊芋冰点测定结果的因素

### 2.1.2.1 测定环境温度的设定

冰点的测定是将温度计插入试管,利用密闭空间的低温对玻璃试管降温,并传递给试管内的液体,这是一个热传导过程,因此环境与液体之间的温差就会影响到液体的吸热和放热速度。试验证明,当设定箱体内温度为 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,试管内液体冷冻速度过快,温度计水银柱下降速度很快,反转上升几乎观察不到。当设定箱体内温度为 $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,试管内液体冷冻速度也较快,水银柱反转上升现象也不明显。当设定箱体内温度为 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,温度计水银柱下降速度适中,可以较为及时地观测到反转上升现象并记录温度数据。当设定箱体内温度为 $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,温度计水银柱下降速度缓慢,水银柱反转上升现象也不明显。因此,经过前期试验,选择一个适合的环境温度是保证试验成功的前提。

### 2.1.2.2 温度计的选择

本冰点测定方法依据记录不同时间间隔的温度数值,画出温度变动曲线,所以对于温度计的选择非常关键。冰点的范围分布较窄,波动相对又较快,很小的温度误差就会造成测量结果的不准确。根据中华人民共和国国家计量检定规程JJG 161-2010《标准水银温度计》的规定,本试验选择了经过检定的两种水银温度计。

### 2.1.2.3 原料的保存方式

冰点的测定结果与原料的保存方式有关,以菊芋4号为样本(4号样本采取了两种保存方式),分别测定了冬季土壤深埋保藏和在冰柜中冷冻保存( $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ )样品的冰点,测定结果见图2。土壤深埋保藏的菊芋,春季挖出后处于新鲜状态,其冰点为 $-1.26\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,在冰柜中冷冻保存的菊芋测定其冰点为 $-2.01\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。这两个数据与 $-1.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ <sup>[11]</sup>和 $-2.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ <sup>[12]</sup>结果分别接近,分析可能与不同的研究采用不同保存方法的原料有关。本试验6个品种菊芋的冰点测

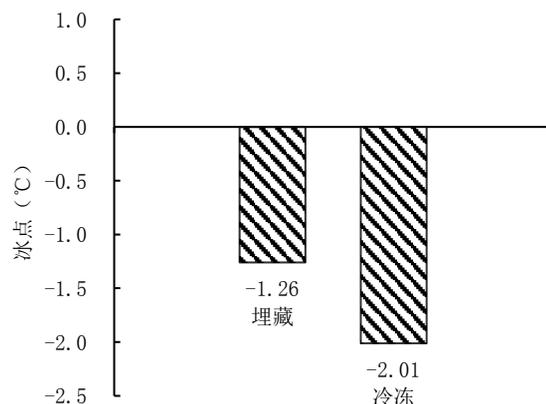


图2 埋藏与冷冻保存条件下4号菊芋的冰点测定值

定数据以土壤深埋保藏的原料为样品进行测定。

## 2.2 菊芋糖度的测定结果

碳水化合物是能量的主要来源,1998年FAO/WHO根据化学结构和生理作用将碳水化合物分为糖(1~2个单糖)、寡糖(3~9个单糖)、多糖( $\geq 10$ 个单糖)<sup>[13]</sup>。果蔬汁液中可溶性固形物含量与折射率在一定条件下成正比,故测定果蔬汁液的折射率,可以计算出果蔬汁液的浓度(含糖量的多少)<sup>[14]</sup>。糖度一般使用阿贝折光仪测定,随着芯片和光学玻璃制造工艺的进步,现在越来越多使用数字式糖度计来快速测量。糖度计的测定结果是用白利度表示,是指糖液中含有糖的质量分数。

由图3可知,6个品种菊芋的糖度在18.7%~23.5%,大部分集中在20%左右。王颖等<sup>[15]</sup>研究认为果实可溶性固形物含量和冰点温度呈高度负相关,其回归方程为 $Y=-0.167X-0.566$ (X为可溶性固形物含量,Y为冰点)。申春苗等<sup>[16]</sup>研究了梨的可溶性固形物含量对果实冰点温度的影响,认为存在着负相关关系。阎瑞香等研究了蒜薹的冰点温度与可溶性固形物含量关系,认为二者呈极显著负相关,并建立了回归方程 $Y=-0.050X-0.441$ <sup>[17]</sup>。分析本试验中菊芋的冰点和糖度数据,冰点与糖度之间的相关性不强,不呈现线性关系。

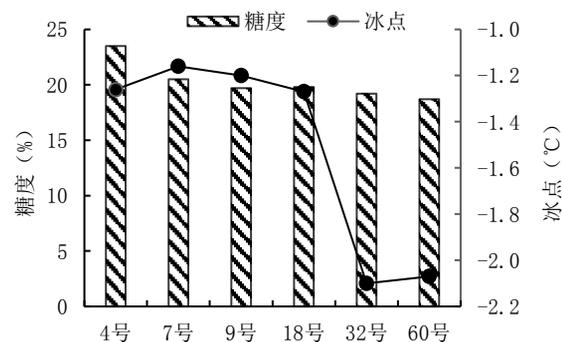


图3 不同品种菊芋的冰点与糖度

### 2.3 菊芋含水率的测定结果

菊芋块茎通常含有水分约80%左右。经过测定,本试验中6个菊芋品种的含水率最低为74.84%,最高为80.13%,大致分布在75%~80%(图4),这与已有的文献报道一致。

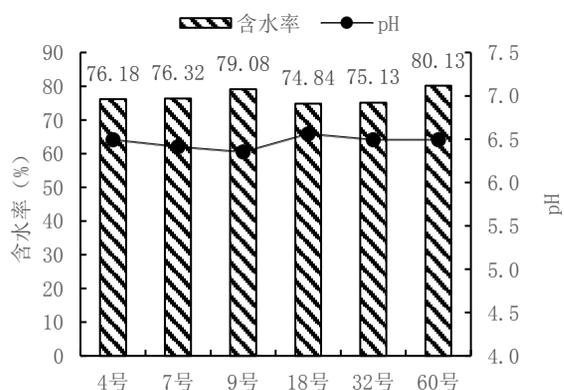


图4 不同品种菊芋的含水率和pH值

菊芋块茎的含水率最高值与最低值相差5.29%,以平均含水率计算,高低值波动率为4.13%~2.74%,波动幅度不大。而且含水率的测定又与原料的新鲜程度、操作中水分的散失、检测人员的熟练程度也有一定关系,根据测定的结果,菊芋的冰点和含水率之间的相关性不强。

### 2.4 菊芋pH值的测定结果

与其他果蔬相比,菊芋的成分相对较单一,但在某些特定成分上(菊粉,也称菊糖)含量却很显著。菊粉是菊芋主要的储藏类碳水化合物,不像大多数的作物,碳源的储存形式是淀粉(葡萄糖聚合物);在菊芋中碳源的储存形式为菊粉(果糖聚合物)。菊粉属于一种中性多糖,理论上其水溶液显中性,由于实际工艺的不同,会导致不同聚合度菊粉的水溶液呈现不同的pH值,天然菊粉溶液呈弱酸性,随着质量分数的增大,其酸性增强,2%和20%的天然菊粉水溶液的pH值分别为6.97和6.35<sup>[18]</sup>。

由图4可知,6个菊芋品种的pH值在6.35~6.56,呈弱酸性,各品种之间差异不明显。分析冰点与pH值之间的关系,关联性不强。

## 3 结论

本研究以吉林省农业科学院选育和改良的6个菊芋品种(菊芋4号、菊芋7号、菊芋9号、菊芋18号、菊芋32号和菊芋60号)为原料样本,分别测定了冰点、糖度、含水率和pH值。菊芋的冰点

温度在-1.16~-2.10℃,主要分布在-1.2℃和-2.1℃两个温度点附近;菊芋的糖度在18.7%~23.5%,大部分集中在20%左右;含水率在74.84%~80.13%;pH值在6.35~6.56,呈弱酸性。冰点的测定结果与原料的保存方式有关,冰点与糖度、含水率、pH值之间的相关性不强。本试验数据可以为菊芋加工原料的贮藏提供有益的数据参考,为菊芋产业的发展提供科技支撑。

### 参考文献:

- [1] 李莉,孙雪梅.青海高原菊芋产业发展探析[J].中国种业,2011(9):22-24.
- [2] 谭秀环,张文英,王腾,等.菊芋在食品中的应用研究进展[J].粮食问题研究,2019(6):31-34.
- [3] 李玲玉,孙晓晶,郭富金,等.菊芋的化学成分、生物活性及其利用研究进展[J].食品研究与开发,2019,40(16):213-218.
- [4] 马春泉.菊芋悬浮细胞中菊糖及酚类物质的诱导[M].哈尔滨:黑龙江大学出版社,2019:3-5.
- [5] 赵孟良.中国菊芋科研现状及分析[J].青海农技推广,2020(3):23-27.
- [6] 王亚云,胡雅喃,范三红,等.贮藏条件对菊芋中菊糖含量的影响[J].农产品加工(学刊),2013(4):13-16.
- [7] 孙雪梅,王丽惠,钟启文.贮藏期菊芋块茎碳水化合物含量变化动态研究[J].北方园艺,2011(11):131-134.
- [8] 赵孟良,郭怡婷,孙世英,等.低温胁迫下4种菊芋的耐寒性评价[J].植物生理学报,2020,56(7):1419-1431.
- [9] 王勇,李雪,田志刚,等.紫苏叶含水率、可溶性固形物含量和冰点的研究[J].东北农业科学,2016,41(5):88-91.
- [10] 包骞.远洋船舶蔬果保鲜实用技术指南[M].北京:国防工业出版社,2009:109-110.
- [11] 钟启文,李莉.菊芋研究[M].北京:科学出版社,2020:369-370.
- [12] Stanley J Kays, Stephen F Nottingham, 著. 陈小兵, 李莉莉, 秦松, 译. 菊芋的生物学和化学[M]. 北京:海洋出版社, 2019:457-461.
- [13] 孙长颢,凌文华,黄国伟.营养与食品卫生学[M].北京:人民卫生出版社,2013:63-65.
- [14] 中国饮料工业协会编写.饮料制作工[M].北京:中国轻工业出版社,2010:29-30.
- [15] 王颖,李里特,丹阳.蔬菜可溶性固形物含量与冰点温度的关系[J].中国蔬菜,2003(4):7-9.
- [16] 申春苗,汪良驹,王文辉,等.12个梨品种果实冰点温度的测定与影响因素分析[J].南京农业大学学报,2011,34(1):35-40.
- [17] 阎瑞香,贾凝,宋茂树,等.蒜薹冰点温度、可溶性固形物含量与含水量相关性的研究[J].食品科学,2007,28(10):554-557.
- [18] 罗登林,张康逸,望运滔.膳食纤维加工理论与技术[M].北京:化学工业出版社,2020:23-24.

(责任编辑:刘洪霞)