

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2022)05-0438-05

DOI: 10.19918/j.cnki.1672-3635.2022.05.007

## 人工模拟贮藏条件下马铃薯块茎还原糖和淀粉含量变化

杨焕春<sup>1</sup>, 陈晓东<sup>2</sup>, 盘重阳<sup>1</sup>, 张芳<sup>1</sup>, 潘青花<sup>1</sup>, 翟精武<sup>1</sup>, 李勇<sup>1\*</sup>

(1. 安顺学院, 贵州 安顺 561000; 2. 贵州海科实业发展有限公司, 贵州 贵阳 550000)

**摘要:** 还原糖和淀粉含量是影响马铃薯油炸加工品质的重要因素, 贮藏温度对马铃薯块茎的还原糖和淀粉含量具有重要影响。为了探讨不同贮藏温度对马铃薯块茎还原糖和淀粉含量的影响, 以马铃薯品种‘荷兰15’和‘合作88’为试验材料, 采用单因素完全随机设计, 贮藏温度分别设2~4、8~10、15、20℃共4个处理, 研究马铃薯在不同贮藏温度条件下还原糖和淀粉含量的变化。‘荷兰15’和‘合作88’在2~4℃贮藏条件下, 块茎的还原糖含量均呈现为先增加后降低的趋势, 块茎的还原糖含量始终高于0.47%; 在8~10、15、20℃贮藏15~30 d后, 2个马铃薯品种的块茎还原糖含量均呈现降低的趋势, 块茎的还原糖含量始终低于0.35%。‘荷兰15’和‘合作88’分别在2~4、8~10、15和20℃贮藏后的0~30 d, 淀粉含量表现为先下降、后上升、又下降的变化趋势。因此, 对于马铃薯油炸加工来说, 8~10℃的贮藏条件更有利于马铃薯的薯片和薯条加工。这一研究结论为马铃薯薯条和薯片的优质加工提供了理论依据和技术指导。

**关键词:** 马铃薯; 块茎; 还原糖; 淀粉; 贮藏温度

## Changes in Reducing Sugar and Starch Contents of Potato Tubers Under Artificial Simulated Storage Conditions

YANG Huanchun<sup>1</sup>, CHEN Xiaodong<sup>2</sup>, PAN Chongyang<sup>1</sup>, ZHANG Fang<sup>1</sup>, PAN Qinghua<sup>1</sup>, ZHAI Jingwu<sup>1</sup>, LI Yong<sup>1\*</sup>

(1. Anshun University, Anshun, Guizhou 561000, China;

2. Guizhou Haike Industrial Development Co., Ltd., Guiyang, Guizhou 550000, China)

**Abstract:** Reducing sugar and starch contents are important factors affecting the quality of potato frying processing, and storage temperature has an important effect on reducing sugar and starch contents of potato tubers. To understand the effects of different storage temperatures on the contents of reducing sugar and starch in potato tubers, the storage temperatures were set at 2-4, 8-10, 15 and 20°C, respectively, and the changes in reducing sugar and starch contents in potato stored at different temperatures were tested in a completely randomized design, using potato varieties 'Holland 15' and 'Hezuo 88' as experimental materials. The reducing sugar contents of tubers of potato varieties 'Holland 15' and 'Hezuo 88' increased first and then decreased at 2-4°C, and the reducing sugar content of tubers was higher than 0.47% throughout the storage period. After stored at 8-10, 15 and 20°C for 15-30 days, the tuber reducing sugar contents of the two potato varieties showed a decreasing trend, and the tuber reducing sugar content was lower than 0.35% during the period. At 2-4, 8-10, 15 and 20°C, the starch contents of 'Holland 15' and 'Hezuo 88' showed a trend of decreasing first,

收稿日期: 2022-08-28

基金项目: 国家自然科学基金项目(32260527); 贵州省普通高等学校青年科技人才成长项目(黔教合KY字[2019]146); 安顺学院博士基金项目(Asxybsjj201901); 贵州省教育厅青年科技人才成长项目(黔教合KY字[2016]275)。

作者简介: 杨焕春(1978-), 女, 硕士, 讲师, 主要从事食品质量与安全方面研究。

\*通信作者(Corresponding author): 李勇, 博士, 副教授, 从事马铃薯遗传与育种工作, E-mail: 78624526@qq.com。

then increasing, and finally decreasing from day 0 to day 30 storage, respectively. Therefore, for potato frying processing, 8-10°C storage conditions are more conducive to potato chip and French fry processing. This conclusion would provide theoretical basis and technical guidance for the high-quality processing of chip and French fry processing.

**Key Words:** potato; tuber; reducing sugar; starch; storage temperature

马铃薯是世界第四大粮食作物, 其适应性强, 分布广泛, 产量高, 营养丰富<sup>[1]</sup>。随着人民生活水平的提高, 用于薯条和薯片等油炸加工马铃薯的比例逐渐增加。马铃薯油炸加工要求块茎的还原糖含量要低、淀粉含量要高, 这样才能生产出质量合格的加工产品。马铃薯块茎的还原糖含量和淀粉含量受遗传因素控制, 也受贮藏温度的影响。国内外学者围绕贮藏温度对马铃薯块茎还原糖和淀粉含量的影响开展了一些研究。吴晓玲等<sup>[2]</sup>研究不同贮藏温度(0~4, 5~8, 9~12, 13~16和17~20°C)对马铃薯营养物质含量的影响, 结果表明, 马铃薯在0~4°C贮藏下还原糖含量最高; 在9~12°C贮藏时, 马铃薯块茎中淀粉的含量最高。王亮等<sup>[3]</sup>研究不同贮藏温度(0~1, 2~3, 4~5, 10~12和15~18°C)对‘晋薯16号’块茎的淀粉和还原糖含量的影响。他们的结果表明, 2~3°C条件下贮藏会降低马铃薯淀粉以及还原糖等营养物质消耗; 0~1°C贮藏温度引起马铃薯块茎的呼吸强度上升, 并加快了块茎内部的淀粉向还原糖的转化速率; 当贮藏温度高于4°C时, 随贮藏温度的升高, 马铃薯块茎的呼吸强度明显上升, 新鲜程度明显下降。通过综合分析, 认为2~3°C是适用于‘晋薯16号’马铃薯长期贮藏的最适温度。杨明等<sup>[4]</sup>用恒温恒湿培养箱模拟大型贮藏库, 将恒温恒湿培养箱的温度设置为4, 10, 15和20°C(常温)4个梯度, 研究不同贮藏温度条件对‘云薯105’淀粉和还原糖含量的影响。结果表明, ‘云薯105’的淀粉含量在贮藏初期达到最高值, 随着贮藏时间的延长而逐渐下降; 还原糖含量随着贮藏期的延长而在一定范围内逐渐上升; 常温贮藏马铃薯的水分损失过快, 而4°C贮藏条件可以在一定程度上保持马铃薯的水分。

前人大多围绕贮藏温度对马铃薯块茎贮藏保鲜效果的影响, 而针对贮藏温度对马铃薯块茎的油炸

加工品质的影响研究则较少。本文通过研究马铃薯在不同贮藏温度条件下块茎还原糖含量和淀粉含量的变化, 旨在为马铃薯加工品种的科学贮藏提供理论依据和技术指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

选用‘荷兰15’(早熟品种)和‘合作88’(中晚熟品种)为试验材料。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 试验设计

采用单因素完全随机设计, 贮藏温度分别设置2~4、8~10、15、20°C, 共4个温度处理, 每个处理3次重复。

#### 1.2.2 处理方法

选择无机械损伤、健康的、大小一致的马铃薯块茎102个, 重量约150 g。用清水洗净晾干后, 随机抽取2个块茎作为一个样品, 装入网袋中, 共51袋。先随机抽取3袋用于测定处理前的马铃薯块茎还原糖和淀粉含量。其余的48袋, 随机抽取12袋, 分别放入2~4°C冷藏箱(YC-330, 山东博科科学仪器有限公司)、8~10°C冷藏箱(YC-330, 山东博科科学仪器有限公司)、15°C恒温培养箱(DHP-500, 上海三发科学仪器有限公司)和20°C恒温培养箱(DHP-500, 上海三发科学仪器有限公司)中贮藏。分别在贮藏后的第10, 15, 20和30 d随机抽取3袋样品用于马铃薯块茎的还原糖和淀粉含量的测定。

#### 1.2.3 还原糖和淀粉含量的测定

##### (1)还原糖含量的测定

将马铃薯块茎沿着顶部到脐部的方向切成两半, 一半用于测定还原糖含量, 另一半用于测定淀粉含量。先切成片, 再切成条, 最后切成丁, 打浆

至均匀液体。取浆液 10.00 g(不加水直接打浆, 相当于鲜样)于 250 mL 容量瓶, 加入蒸馏水 200 mL, 混匀, 于 45℃ 恒温振荡水浴锅中振荡 1 h。取出冷却, 加入沉淀剂乙酸锌溶液 5 mL 摇匀, 再加入亚铁氰化钾溶液 5 mL 摇匀, 定容, 静置 30 min 后过滤, 将过滤液留以备用。参考 GB 5009.7—2016<sup>[5]</sup> 食品安全国家标准 食品中还原糖的测定中第一法进行测定。

### (2) 淀粉含量的测定

取样方法同上。先切成片, 再切成条, 最后切成丁。将切成丁的马铃薯样品, 称取 50.00 g, 加 50 mL 氯化钙-乙酸溶液[波美比重(1.3 ± 0.02)g/mL, pH 为 2.3 ± 0.05]均匀打浆, 取浆液 20.00 g(相当于马铃薯鲜样 8.70 g), 轻轻摇匀, 再沿壁加氯化钙乙酸溶液 50 mL, 混匀。盖上弯颈小漏斗, 置于 (119 ± 1)℃ 的甘油浴中酸解, 要求在 5 min 内加热至所需温度, 继续加热 25 min, 取出放入冷水槽, 待温度降至室温, 转移至 100 mL 容量瓶。用蒸馏水(约 30 mL)多次冲洗锥形瓶一并转入容量瓶, 加入硫酸锌溶液 1 mL, 摇匀, 再加入亚铁氰化钾溶液 1 mL, 摇匀, 用纯水定容, 摇匀, 过滤至锥形瓶中, 滤液留以备用。采用 NY/T 11—1985<sup>[6]</sup> 中华人民共和国国家标准 谷物籽粒粗淀粉测定法进行测定。

### 1.3 数据统计与分析

采用 Excel 2010 对试验数据进行初步整理, 利用 DPS 18.10 数据处理软件进行方差分析和处理平

均数的多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 马铃薯块茎在不同贮藏条件下还原糖含量的变化

由表 1 和表 2 可知, 马铃薯品种‘荷兰 15’和‘合作 88’, 在 2~4℃ 贮藏条件下, 块茎的还原糖含量变化趋势一致。在贮藏后的第 0~15 d, 还原糖含量均表现为快速增加的趋势; 在贮藏后的第 15~30 d, 还原糖含量均呈下降的趋势; 贮藏后的第 15 d, 块茎的还原糖含量达到最高, 且两个品种在 2~4℃ 贮藏期间, 块茎的还原糖含量一直保持在 0.47% 以上, 均达不到薯片加工和薯条加工对还原糖含量的要求。

马铃薯品种‘荷兰 15’和‘合作 88’, 在 8~10、15、20℃ 贮藏条件下, 块茎的还原糖含量变化趋势也一致。在贮藏后的第 15~30 d, 块茎的还原糖含量均呈现逐渐下降的趋势, 块茎的还原糖含量一直处于 0.35% 以下, 均达到薯片加工和薯条加工对还原糖含量的要求。

### 2.2 马铃薯块茎在不同贮藏条件下淀粉含量的变化

由表 3 和表 4 可知, ‘荷兰 15’和‘合作 88’两个马铃薯品种, 在不同温度贮藏条件下, 块茎的淀粉含量变化趋势一致。两个品种分别在 2~4、8~10、15、20℃ 贮藏 10, 15, 20 和 30 d 后, 块茎的淀粉含量均呈现先下降, 而后上升, 随着贮藏时间的延长, 又下降的规律。

表 1 ‘荷兰 15’在不同贮藏温度下还原糖含量的变化

Table 1 Changes in reducing sugar content of ‘Holland 15’ at different storage temperatures

贮藏时间(d) Storage time	还原糖含量(%) Reducing sugar content			
	2~4℃	8~10℃	15℃	20℃
0	0.50 ± 0.029 c	0.50 ± 0.029 a	0.50 ± 0.029 a	0.50 ± 0.029 a
10	0.66 ± 0.055 b	0.43 ± 0.030 b	0.39 ± 0.033 b	0.34 ± 0.036 b
15	1.10 ± 0.099 a	0.35 ± 0.050 c	0.29 ± 0.040 c	0.20 ± 0.021 c
20	0.53 ± 0.032 c	0.30 ± 0.006 cd	0.20 ± 0.067 d	0.15 ± 0.005 d
30	0.47 ± 0.031 c	0.27 ± 0.022 d	0.18 ± 0.021 d	0.11 ± 0.020 d

注: 数据为平均值 ± 标准差。同列不同小写字母表示处理差异达 0.05 显著水平, Duncan's 新复极差法。下同。

Note: Data are presented as mean ± standard deviation. Treatment followed by different lowercase letter(s) in the same column indicate that difference is significant at 0.05 level as tested using Duncan's multiple range test method. The same below.

表2 ‘合作88’在不同贮藏温度下还原糖含量的变化

Table 2 Changes in reducing sugar content of 'Hezuo 88' at different storage temperatures

贮藏时间(d) Storage time	还原糖含量(%) Reducing sugar content			
	2~4℃	8~10℃	15℃	20℃
0	0.17 ± 0.028 c	0.17 ± 0.028 a	0.17 ± 0.028 a	0.17 ± 0.028 b
10	0.84 ± 0.070 b	0.16 ± 0.002 a	0.16 ± 0.010 a	0.24 ± 0.040 a
15	1.02 ± 0.054 a	0.14 ± 0.011 ab	0.14 ± 0.015 ab	0.13 ± 0.010 bc
20	0.81 ± 0.075 b	0.11 ± 0.030 bc	0.12 ± 0.071 ab	0.11 ± 0.011 c
30	0.79 ± 0.057 b	0.09 ± 0.029 c	0.10 ± 0.013 b	0.09 ± 0.020 c

表3 ‘荷兰15’在不同贮藏温度下淀粉含量的变化

Table 3 Changes in starch content of 'Holland 15' at different storage temperatures

贮藏时间(d) Storage time	淀粉含量(%) Starch content			
	2~4℃	8~10℃	15℃	20℃
0	12.36 ± 0.001 b	12.36 ± 0.230 b	12.36 ± 0.325 bc	12.60 ± 0.325 bc
10	10.87 ± 0.300 c	11.94 ± 0.240 c	11.85 ± 0.053 c	11.56 ± 0.053 c
15	10.33 ± 0.060 d	11.87 ± 0.300 c	13.76 ± 0.212 ab	12.83 ± 0.212 b
20	15.20 ± 0.026 a	13.80 ± 0.043 a	15.13 ± 1.149 a	14.09 ± 1.149 a
30	15.07 ± 0.071 a	12.65 ± 0.228 b	14.91 ± 0.950 a	13.12 ± 0.950 ab

表4 ‘合作88’在不同贮藏温度下淀粉含量的变化

Table 4 Changes in starch content of 'Hezuo 88' at different storage temperatures

贮藏时间(d) Storage time	淀粉含量(%) Starch content			
	2~4℃	8~10℃	15℃	20℃
0	12.40 ± 0.001 b	12.40 ± 0.140 b	12.40 ± 0.140 ab	12.40 ± 0.140 b
10	10.78 ± 0.046 c	10.80 ± 1.352 c	11.92 ± 1.352 b	12.11 ± 0.102 b
15	10.62 ± 0.105 c	12.40 ± 0.200 b	12.80 ± 0.200 ab	14.01 ± 1.000 a
20	13.83 ± 0.853 a	14.00 ± 0.200 a	14.29 ± 0.200 a	15.13 ± 1.023 a
30	11.76 ± 1.148 bc	12.11 ± 0.320 b	12.86 ± 0.320 ab	14.01 ± 1.113 a

### 3 讨论

马铃薯块茎中的还原糖含量直接影响炸片、炸条成品的颜色。适合炸片、炸条的马铃薯品种的块茎要求还原糖含量低于0.4%、淀粉含量适中,且贮藏期变化幅度小<sup>[2]</sup>。陈际才等<sup>[7]</sup>在研究‘合作88’的高产栽培技术中提到其品种加工特性适于加工淀粉、全粉、炸薯片或作为鲜食销售。本研究表明,马铃薯在2~4℃贮藏条件下,块茎的还原糖含量呈先增加后降低的趋势,且块茎的还原糖含量一直维持在0.47%以上,这种“低温糖化”的变化趋势与司怀军等<sup>[8]</sup>、王希卓等<sup>[9]</sup>、Matsuura-Endo等<sup>[10]</sup>研究结果不一致,这可能是由于马铃薯块茎由较高的温度环境突然转移至较低的温度环境后,马铃薯块茎为

粉、全粉、炸薯片或作为鲜食销售。本研究表明,马铃薯在2~4℃贮藏条件下,块茎的还原糖含量呈先增加后降低的趋势,且块茎的还原糖含量一直维持在0.47%以上,这种“低温糖化”的变化趋势与司怀军等<sup>[8]</sup>、王希卓等<sup>[9]</sup>、Matsuura-Endo等<sup>[10]</sup>研究结果不一致,这可能是由于马铃薯块茎由较高的温度环境突然转移至较低的温度环境后,马铃薯块茎为

了维持温度以及正常的生命活动淀粉迅速大量低温糖化释放能量所致, 之后由于适应低温的环境, 还原糖含量又有所下降, 由于贮藏温度较低, 还原糖含量一直维持较高的水平。本研究认为, 在高于8℃贮藏条件下, 马铃薯块茎的还原糖含量呈降低的趋势, 块茎的还原糖含量一直处于较低的水平, 这一结论与司怀军等<sup>[8]</sup>的结论也不一致, 这可能是由于马铃薯块茎在较高的温度下, 呼吸作用减弱, 从而导致还原糖向淀粉转化。

通过研究不同贮藏温度对马铃薯块茎淀粉含量的影响, 认为马铃薯分别在2~4、8~10、15和20℃贮藏后的第0~30 d, 淀粉含量表现为先下降、后上升、又下降的变化趋势, 与杨明等<sup>[4]</sup>的研究结论一致, 而与王希卓等<sup>[9]</sup>的“不同温度的淀粉含量呈不断下降趋势”的研究结论不一致。这可能是由于试验品种在贵州省种植, 收获期温度较高导致休眠期缩短。在贮藏初期, 马铃薯块茎的呼吸作用强, 导致淀粉含量下降; 在贮藏中期, 由于含水量减少, 块茎休眠, 淀粉含量增加; 在贮藏后期30 d时, 由于块茎逐渐解除休眠, 呼吸作用增强, 淀粉含量又出现下降。

本试验表明, 马铃薯在2~4℃贮藏条件下, 块茎的还原糖呈先增加后降低的趋势, 且块茎的还原糖含量一直维持在较高的水平; 在高于8℃贮藏条件下, 马铃薯块茎的还原糖含量呈现降低的趋势, 且块茎的还原糖含量一直处于较低的水平。马铃薯分别在2~4、8~10、15和20℃贮藏后的第0~30 d, 淀粉含量表现为先下降、后上升、又下降的变化趋势。在马铃薯贮藏期间, 设置8~10℃的

贮藏条件, 更有利于马铃薯的油炸加工。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [ 1 ] 黑龙江省农业科学院马铃薯研究所. 中国马铃薯栽培学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1994.
- [ 2 ] 吴晓玲, 任晓月, 陈彦云, 等. 贮藏温度对马铃薯营养物质含量及酶活性的影响 [J]. 江苏农业科学, 2012, 40(5): 220-222.
- [ 3 ] 王亮, 张新宪, 李超, 等. 不同贮藏温度对晋薯 16 号马铃薯采后生理及品质变化的影响 [J]. 保鲜与加工, 2020, 20(5): 34-39.
- [ 4 ] 杨明, 包媛媛, 张新永, 等. 不同贮藏温度对云薯 105 马铃薯生理品质的影响 [J]. 江苏农业科学, 2020, 48(5): 189-193.
- [ 5 ] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.7—2016 食品安全国家标准 食品中还原糖的测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [ 6 ] 中华人民共和国国家标准局. NY/T 11—1985 中华人民共和国国家标准 谷物籽粒粗淀粉测定法 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1985.
- [ 7 ] 陈际才, 李正能, 郝焕芳. 德宏州优质马铃薯品种—合作 88 的高产栽培技术 [J]. 科学种养, 2013(10): 36-37.
- [ 8 ] 司怀军, 戴朝曦, 田振东, 等. 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(1): 22-24.
- [ 9 ] 王希卓, 孙海亭, 孙洁, 等. 不同贮藏温度下克新 1 号马铃薯营养品质变化研究 [J]. 安徽农业科学, 2014, 42(29): 10307-10310.
- [ 10 ] Matsuura-Endo C, Ohara-Takada A, Chuda Y, *et al.* Effects of storage temperature on the contents of sugars and free amino acids in tubers from different potato cultivars and acrylamide in chips [J]. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 2006, 70(5): 1173-1180.