

不同贮藏条件马铃薯块茎还原糖含量变化规律测试

黄元勋 田发瑞

(湖北恩施南方马铃薯研究中心)

马铃薯块茎还原糖含量的高低, 直接影响油炸片的产品质量。含量高于1%的马铃薯容易褐化变糊, 不适于油炸加工。以马铃薯为原料的淀粉加工以及马铃薯商品经营都要求还原糖含量低。不同的品种, 还原糖含量不同, 而且不同贮藏条件对还原糖含量的消长有着直接影响。因此, 探讨马铃薯还原糖的变化规律及其调节方法对选育适合加工的马铃薯品种、马铃薯原料贮藏、食品加工及商业经营无疑是十分重要的工作。在国

外, 如美国、日本、西欧各国, 随着马铃薯食品加工业的发展, 对这个问题的研究日趋深入。由于我国马铃薯食品加工工业近年来才起步, 过去没有系统开展这方面的研究。从1985年开始, 我们进行了马铃薯还原糖在不同贮藏条件下变化规律的研究。经连续两年试验, 测定分析了8个品种(系), 405个处理样, 获得3450个数据, 初步摸索出一些规律, 供育种、加工和商业经营部门参考。

5 小 结

a. 对建立的马铃薯鲜薯产量等六项目标函数与五项农艺措施(密度、农肥、N肥、P肥及K肥)的数学模型进行分析。各目标均无失拟因素存在, 并均达显著或极显著的水平。说明所建立的方程是可信的, 利用该组方程可进行目标函数预报。

b. 在本试验条件下, 欲实现较高鲜薯产量, N肥、农肥施用量和密度是生产上需要重点控制的因素。

c. 对交互效应分析表明, 密度低时要加大N肥用量, 密度高时应适当减少N肥用量; 增加N肥用量后, 应配合增施农肥和K

肥。

d. 通过计算机模拟寻优, 分别找出了在不同鲜薯产量水平上的农艺组合方案。并得到鲜薯产量高于2600公斤/亩、淀粉含量高于10.5%、投资效益高于40公斤/元的农艺措施为: 密度3440~3726株/亩; 农肥3480~3397公斤/亩; 纯N6.20~6.80公斤/亩; P_2O_5 4.65~5.51公斤/亩; K_2O 8.16~8.79公斤/亩。

e. 上述方案如在土壤肥力和气候条件等因素与试验年份一致的条件下, 可参照实施。但实践中往往某些条件是时常变化的, 这就可能使结果的重现产生一些差距, 所以在执行上列方案时还需根据具体条件做适当调整。

1 试验材料

- a. 米拉: 我国西南地区主栽品种。
- b. Désirée; 简称De, 荷兰加工品种。
- c. Escort; 简称Et, 荷兰加工品种。
- d. 双丰收: 南方马铃薯研究中心育出的中早熟品种。
- e. 802-552; 南方马铃薯研究中心育出的早熟新品系。
- f. 8011-6; 南方马铃薯研究中心育出的新品系。
- g. Orge; 简称Oo, 荷兰加工品种。
- h. 783-1; 南方马铃薯研究中心育出的新品系。

1986年, 以上8个材料参加试验, 1987年选取双丰收、802-552、Et继续试验。

2 贮藏条件

所有的材料均为田间正常成熟后收获的健康薯块。贮藏地点为恩施市天池山, 海拔1200米。

a. 常温贮藏 样品薯块贮藏于室内干燥通风处, 纱布覆盖避光。贮藏期每天于8点、14点、20点(北京时间)记录室内干球温度。1986年每15天取样测定1次, 共测7次。1987年每7天取样测定1次, 共测22次。

b. 低温贮藏 样品薯块贮藏于恒温恒湿箱内。1986年设定温度6℃, 相对湿度90%。每15天取样测定1次, 共测6次。1987年设定温度7℃, 相对湿度93%, 每7天取样测定1次, 共测22次, 与常温贮藏的样品同步测定。

c. 高温回降贮藏 1986年, 将样品薯块先常温贮藏3个月, 再经6℃低温贮藏15天后取样测定1次, 其余再转入18℃温箱

贮藏, 分别在第16天、31天取样测定。1987年, 7℃低温贮藏70天后, 将薯块分组分别贮藏于18℃、23℃、28℃温箱内。分组贮藏之前取样测定1次, 以后每7天取样测定1次, 共测5次。

3 测定方法

a. 取样制样 每个待测品种(系)的薯块样品为群体混合样, 150克块茎1个, 100克2个, 50克3个, 共6个块茎, 500克。测定前, 将薯块洗净凉干, 然后将群体样中每个块茎纵切, 取切片2片, 横切, 切片厚约0.1厘米。即刻将切片置于105℃烘干箱中杀青处理20分钟, 再移至80℃烘箱中烘干, 最后粉碎全过60目待测。

b. 测定 铜试剂砷钼酸比色法, 于560纳米处测 $\Delta \cdot D$ 值。使用葡萄糖标准曲线求其含量值。

c. 仪器 日本岛津120型可见光—紫外光分光光度计。

对所测得的数据用数理统计方法进行整理。

4 测试结果及分析讨论

测试结果见表1、表2。

马铃薯还原糖含量随品种不同而异。在同一条件下, 如在常温贮藏条件下, 以1986年测定贮藏期平均含量为例, 米拉的含量为4.36%, Et为1.25%, De为3.27%, 双丰收为1.39%, 802-552为1.73%, 8011-6为3.28%, Oo为1.62%, 783-1为6.05%。在6℃、7℃低温条件下, 尽管它们的含量都增高, 而且增加幅度不同, 低还原糖含量增加幅度大, 但是也能看出品种之间的差别。还原糖含量随年份的不同, 有所不同。

表1 1986年马铃薯还原糖含量测定结果(鲜样, %)

| 取样时间 日期序天 (月.日)次 | 贮藏条件 | | 常 温 | | | | | | 低 温 (6℃, 湿度90%) | | | | | | | | | |
|------------------------|------------|-----------|----------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|------|-------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|
| | 温度 (°C) | 湿度 (%) | 783-1 011-6 | 双丰收 011-6 | Oo 011-6 | 米拉 011-6 | De 011-6 | Et 011-6 | 8 011-6 | 双丰收 | Oo | 米拉 | 802-552 | De | Et | | | |
| 8.4 0 C | 21.1 | 83.7 | 6.61 | 2.79 | 1.59 | 1.11 | 4.59 | 2.70 | 6.05 | 2.94 | 6.61 | 2.09 | 1.59 | 1.11 | 4.59 | 2.70 | 6.05 | 2.94 |
| 8.19 1 15 | 22.4 | 85.1 | 7.48 | 3.24 | 1.43 | 2.08 | 6.13 | 1.15 | 3.57 | 0.65 | 9.24 | 10.23 | 10.07 | 6.09 | 15.06 | 5.63 | 9.45 | 6.66 |
| 9.3 2 30 | 20.3 | 81.6 | 6.00 | 6.06 | 2.85 | 1.33 | 4.50 | 1.60 | 2.88 | 0.65 | 18.66 | 14.00 | 10.64 | 12.55 | 19.23 | 9.91 | 18.69 | 9.89 |
| 9.18 3 45 | 18.5 | 82.5 | 8.66 | 3.72 | 1.55 | 1.20 | 5.91 | 3.04 | 2.87 | 1.23 | 14.19 | 14.81 | 16.41 | 9.96 | 9.01 | 6.96 | 10.88 | 10.85 |
| 10.3 4 60 | 17.8 | 64.7 | 3.91 | 2.54 | 0.67 | 0.57 | 2.62 | 0.58 | 2.90 | 1.65 | 13.25 | 10.94 | 7.57 | 6.62 | 10.05 | 6.80 | 11.55 | 5.28 |
| 10.18 5 75 | 15.3 | 70.2 | 4.07 | 2.03 | 1.28 | 1.73 | 4.15 | 1.42 | 1.01 | 1.22 | | | | | | | | |
| 11.2 6 90 | 11.8 | 78.4 | 5.62 | | 0.35 | 3.31 | 2.64 | 1.60 | 3.58 | 0.40 | | | | | | | | |
| 平均 | 18.3 | 78.3 | 6.05 | 3.28 | 1.39 | 1.62 | 4.63 | 1.73 | 3.27 | 1.25 | 13.96 | 12.50 | 11.17 | 8.81 | 13.34 | 7.33 | 12.64 | 8.17 |

注: a. 贮藏条件为常温时的贮藏条件; b. 低温平均数为未计“0”次查量

表2 1987年马铃薯还原糖含量测定结果(鲜样, %)

| 取样时间 | | | 常温贮藏条件 | | 常 温 | | | 低 温 | | |
|--------------|----|-----|-------------|-------------|-------|---------|------|-------|---------|-------|
| 时 间 (月.日) | 序次 | 天数 | 湿 度 (°C) | 湿 度 μ(%) | 双丰收 | 802-552 | Et | 双丰收 | 802-552 | Et |
| 7.24 | 0 | 0 | 25.0 | 79.7 | 1.03 | 4.53 | 2.65 | 1.03 | 4.53 | 2.65 |
| 7.31 | 1 | 7 | 25.5 | 72.3 | 1.98 | 2.52 | 3.01 | 4.89 | 6.75 | 2.61 |
| 8.7 | 2 | 14 | 26.5 | 75.9 | 0.92 | 2.12 | 8.53 | 5.78 | 8.76 | 5.78 |
| 8.14 | 3 | 21 | 25.7 | 69.9 | 1.46 | 4.98 | 7.32 | 3.21 | 9.53 | 11.28 |
| 8.21 | 4 | 28 | 25.3 | 74.2 | 0.42 | 1.45 | 5.22 | 10.53 | 6.60 | 9.59 |
| 8.28 | 5 | 35 | 25.8 | 78.2 | 2.68 | 1.68 | 1.14 | 6.57 | 6.94 | 11.14 |
| 9.4 | 6 | 42 | 25.1 | 70.5 | 3.58 | 2.29 | 2.24 | 10.56 | 8.12 | 7.95 |
| 9.11 | 7 | 49 | 22.5 | 71.3 | 0.93 | 1.72 | 1.23 | 7.50 | 6.88 | 8.83 |
| 9.18 | 8 | 56 | 21.0 | 68.1 | 0.70 | 0.48 | 3.63 | 8.79 | 9.38 | 8.93 |
| 9.25 | 9 | 63 | 23.1 | 66.9 | 2.17 | *3.91 | 5.28 | 7.74 | 6.51 | 8.67 |
| 10.2 | 10 | 70 | 21.7 | 61.1 | *1.76 | 2.87 | 2.13 | 6.75 | 8.13 | 7.33 |
| 10.9 | 11 | 77 | 23.0 | 66.1 | 2.79 | 2.56 | 1.18 | 8.15 | 8.90 | 8.75 |
| 10.16 | 12 | 84 | 21.4 | 73.6 | | | | | | |
| 10.23 | 13 | 91 | 17.0 | 64.9 | 1.59 | 2.67 | 0.68 | *7.67 | 6.40 | 8.91 |
| 10.30 | 14 | 98 | 19.0 | 60.8 | 2.46 | 0.99 | 2.25 | 9.83 | 6.02 | *5.07 |
| 11.6 | 15 | 105 | 15.9 | 62.2 | 2.75 | 2.53 | 1.21 | 6.66 | 5.49 | 8.57 |
| 11.13 | 16 | 112 | 17.1 | 61.0 | 2.70 | 1.27 | 1.43 | 4.87 | 5.94 | 5.59 |
| 11.20 | 17 | 119 | 15.7 | 61.1 | 0.73 | 2.40 | 0.56 | 6.04 | 6.33 | 4.35 |
| 11.27 | 18 | 126 | 18.3 | 70.3 | 1.96 | 1.70 | 0.57 | 5.79 | 3.61 | 4.79 |
| 12.4 | 19 | 133 | 10.8 | 62.7 | 1.93 | 2.02 | 0.89 | 6.09 | 4.15 | 5.40 |
| 12.11 | 20 | 140 | 13.9 | 51.6 | 3.06 | 2.19 | 0.55 | 6.95 | 5.75 | 5.42 |
| 12.18 | 21 | 147 | 13.6 | 58.8 | 3.76 | 1.95 | 0.75 | 7.61 | 7.62 | 3.79 |
| 12.25 | 22 | 154 | 16.1 | 56.4 | 5.36 | 1.90 | 1.16 | 7.99 | 6.05 | 4.79 |
| 平均 | | | 20.5 | 67.2 | 2.37 | 2.27 | 2.58 | 7.03 | 6.75 | 6.95 |

注: 低温贮藏温度7°C, 湿度93%; * 萌发时间

薯块个体之间含量差异大, 贮藏期间有变化。尽管如此, 经两年反复多次测定, 双丰收、802-552、Et等品种(系)的还原糖含量是很低的, 完全可以肯定, 它们能作为低还原糖马铃薯加工品种或育种材料利用(见表1与表2)。

低温糖化。无论还原糖含量低的还是含量高的薯块置于6℃、7℃低温条件下, 含量显著提高1~7倍, 而且含量低的提高幅度大, 比如802-552, 6℃的条件下, 与常温条件相比, 由1.42%上升到7.33%, 提高了4.2倍, 所测试的8个品种(系)都上升超过4%的临界线。温度愈低, 还原糖含量愈高。

在恒定低温条件下, 还原糖的含量随着贮藏时间的持续而变化。开始表现上升, 在20~45天之内, 多数在30天左右达到1个最高值, 然后下降。如1986年测定, 8月4日起, 783-1达到最高值的贮藏天数为30天, 米拉30天, 8011-6 45天, Oo 30, 双丰收45天, 802-552 30天, Et 30天, 1987年7月24日起测定, 双丰收28天, 802-552 21天, Et 21天。贮藏112~126天降至最低值, 然后又趋于上升。

常温条件下贮藏, 薯块还原糖的变化,

起初表现上升, 多数30~45天左右达到含量的最高值。如1986年8月4日开始测定, 测定中783-1达到最高值的天数为45天, 米拉15天, 8011-6 30天, Oo 30天, 双丰收30天, 802-552 45天。含量低的品种的最高值少数可能超过4%的临界线, 如8011-6, 30天可达最高值为6%, 随后下降, 在120天左右由含量最低值开始回升, 但变化幅度没有前期剧烈。还原糖含量低的加工品种在13.6~26.5℃温度递减(平均20.5℃, 相对湿度80%至50%递减, 平均67.24%)条件下贮藏5个月后, 还原糖含量不超过4%, 这对马铃薯食品加工、工业加工、商业储运是很有利的。

在常温贮藏条件下, 还原糖含量变化情形, 与低温恒定贮藏含量变化相似, 呈波状变化, 其波动幅度前期剧烈, 后期缓和, 只不过随贮藏温度高低而在不同平均值水平线上波动。由此看来, 还原糖含量变化, 在淀粉→还原糖→淀粉的可逆动态平衡体系内有着自身的生理变化规律。

无论低温贮藏还是常温贮藏, 还原糖含量的升高与薯块开始发芽没有明显的关系, 相反, 薯块萌发期处于含量高峰值后的下降时期。值得注意的是, 薯块休眠后期, 还原

表3 不同热处理还原糖含量比较(鲜样, %, 1986年)

| 处 理 方 法 | 783-1 | 8011-6 | 双丰收 | Oo | 米拉 | 802-552 | De | Et | |
|------------------------|----------------|--------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|------|
| 常温贮藏 105℃干热 20分钟 | 6.05 | 3.28 | 1.17 | 1.62 | 4.36 | 1.73 | 3.27 | 1.25 | |
| (18.3℃) 蒸 煮 20分钟 | 13.08 | 11.23 | 11.50 | 9.21 | 13.07 | 8.32 | 12.10 | 8.29 | |
| 低温贮藏 (6℃) | 105℃干热 20分钟 | 10.67 | 10.15 | 9.29 | 7.73 | 11.77 | 8.05 | 10.14 | 6.33 |
| | 蒸 煮 20分钟 | 11.48 | 10.13 | 10.05 | 6.87 | 12.15 | 7.81 | 11.85 | 8.53 |

表4 马铃薯还原糖高温回降测定结果(鲜样, %)

| 序次 | 温度 | 1986年 | | 1987年 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|-----|-------|------|-------|---------|------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 收获 | 00 | 米粒 | 800-552 | Et | 7℃ | 18℃ | 23℃ | 28℃ | 7℃ | 18℃ | 23℃ | 28℃ | 7℃ | 18℃ | 23℃ | 28℃ | Et | | | | |
| 0 | 6℃ | 10.08 | 9.85 | 8.77 | 8.42 | 4.68 | 6 | 6.75 | 6.75 | 6.75 | 6.75 | 6.75 | 6.75 | 8.13 | 8.13 | 8.13 | 8.13 | 8.13 | 7.33 | 7.33 | 7.33 | 7.33 | |
| 1 | 18℃ | 7.60 | 7.65 | 7.48 | 8.47 | 5.02 | 7 | 8.15 | 8.96 | 6.33 | 6.83 | 8.90 | 9.40 | 6.60 | 6.07 | 6.07 | 6.07 | 6.07 | 6.07 | 3.75 | 7.15 | 5.13 | 7.89 |
| 2 | 18℃ | 7.67 | 7.66 | 5.69 | 5.13 | 2.98 | 14 | 7.98 | 7.98 | 5.10 | 7.08 | 5.78 | 4.44 | 6.16 | 6.16 | 6.16 | 6.16 | 6.16 | 6.16 | 8.22 | 7.08 | 7.20 | 7.20 |
| 3 | | | | | | | 21 | 6.76 | 5.71 | 5.07 | 3.57 | 6.40 | 6.33 | 3.94 | 6.78 | 8.91 | 5.75 | 5.92 | 7.72 | | | | |
| 4 | | | | | | | 28 | 9.83 | 5.93 | 3.76 | 3.50 | 6.02 | 5.46 | 4.13 | 6.10 | 5.12 | 4.64 | 3.92 | 7.69 | | | | |
| 5 | | | | | | | 35 | 6.66 | 4.99 | 2.67 | 3.81 | 5.49 | 5.63 | 2.59 | 5.00 | 2.57 | 4.67 | 4.45 | 7.66 | | | | |

注: 1. 1986年11月2日(9次)开始还原糖高温回降测定, 1987年10月2日(0次)开始测定;

2. 序次0表示测定前蔗糖

糖变化波动幅度趋于缓和, 而且萌芽一段时间后, 还原糖含量达到最低值, 然后缓慢回升。

高温湿热糖化。在进行测试方法预备实验时, 发现此现象, 薯块经蒸煮20分钟后, 还原糖含量大幅度上升, 大大高于薯块切片经105℃干热处理20分钟后还原糖的含量, 与6℃低温糖化数值相比, 还高1~2个千分单位。这种现象我们暂叫它高温湿热糖化或者蒸煮糖化(见表3)。

高温回降效应。当薯块经低温贮藏还原糖升高到某一数值, 再放入温箱, 经18℃、23℃、28℃贮藏1个月后, 还原糖明显地降低(见表4)。从测试结果来看, 还原糖回降的程度取决于回降前的基数、回降处理温度以及处理时间长短。回降前基数愈高, 愈难回降到4%临界线以下。如品种Et, 回降前还原糖含量基数为1.58%, 经30天18℃处理, 回降至2.98%; 当基数为7.33%时, 经35天18℃处理, 回降后含量为4.07%。又如品种双丰收, 基数为6.75%, 18℃35天回降到4.99%, 23℃回降到2.67%, 28℃回降到3.81%。从测试结果来看, 23℃处理30~35天效果最好。

此外, 无论低温还是常温贮藏, 至少5个月之内, 薯块含水量变化不显著, 其变化在±5%之间, 而测试结果数值具有随机

性, 经整理统计分析, 差异不显著。

在马铃薯块茎充分成熟到衰老之前, 薯块内部存在淀粉→还原糖→淀粉可逆生理平衡体系。各品种薯块各时期的生理变化特性决定了这个体系的状态, 外界温度直接影响这个平衡体系。它是生产实际中控制薯块还原糖含量的理论依据。在这个平衡体系中, 低温糖化可以用高温处理来回降。而衰老糖化、高温湿热糖化是在这个生理平衡遭到破坏的情况下产生的, 因此, 它们是不可逆转的。所以, 在马铃薯加工和商业经营中应避免这种情况的发生。至于衰老糖化, 需要测定马铃薯块茎衰老糖化期, 设法推迟和降低糖化速度, 即控制其衰老生理进程。为了更进一步地指导和服务于生产, 还需要了解马铃薯块茎生长发育全过程中还原糖生成规律。此外, 在进一步研究中, 需要找出促使薯块低温糖化的温度限域以及湿度因素在贮藏期的地位。在测试研究中, 为了减少马铃薯块茎个体之间差异的干扰, 还需要增加测试样品的容量。

由于薯块还原糖含量随时处于变化之中, 在马铃薯加工、贮藏、商业经营中, 还原糖的测试应列为工厂和商业部门日常工作程序的内容。这种测定常用测糖试纸如国产的糖尿试纸来进行, 操作简便迅速。



(续表 1)

| 组合名称 | 区 组 | | | 总和 | 平均 | 比 较 原 增 减 | | 折合亩产 (公斤) | 位次 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|---------|--------------|----|
| | I | II | III | | | 比 原 增 减 | 比 原 增 减 | | |
| 386297 | 17.50 | 21.25 | 25.1 | 63.85 | 21.30 | +260 | 11.00 | 2130 | 8 |
| 386417 | 13.70 | 18.00 | 19.65 | 56.35 | 18.85 | +15 | 0.80 | 1885 | 9 |
| 克疫CK | 13.75 | 21.00 | 21.25 | 56.00 | 18.70 | -- | -- | 1870 | 10 |
| 385402 | 11.25 | 13.50 | 16.50 | 41.25 | 13.75 | -195 | -26.5 | 1375 | 11 |
| 382309 | 10.00 | 14.00 | 15.75 | 39.75 | 13.25 | -345 | -29.10 | 1325 | 12 |

表 2 ClP 杂交种子(薯)产量比较变量分析

| 变异来源 | 自由度 | 平方和 | 变量 | F | 5%F | 1%F |
|-------|-----|---------|--------|---------|------|------|
| 区 组 间 | 2 | 515.17 | 257.59 | 26.39** | 3.41 | 5.72 |
| 品 种 间 | 11 | 2384.14 | 276.74 | 22.21** | 3.26 | 3.18 |
| 机 误 | 22 | 214.69 | 9.76 | | | |
| 合 计 | 35 | 3114 | 484.09 | 48.6 | 5.7 | 8.9 |

表 3 各 组 合 间 差 异 比 较

| 组合名称 | 平均产量 (公斤/亩) | | | | | | | | | | | |
|--------|----------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|
| 86340 | 2665 | | | | | | | | | | | |
| 86341 | 2590 | 75 | | | | | | | | | | |
| 83254 | 2460 | 205 | 130 | | | | | | | | | |
| 86339 | 2110 | 255 | 180 | 50 | | | | | | | | |
| 86296 | 2350 | 315* | 240 | 110 | 60 | | | | | | | |
| 86290 | 2250 | 115** | 340* | 210 | 160 | 100 | | | | | | |
| 85398 | 2150 | 515** | 440** | 310 | 260 | 150 | 50 | | | | | |
| 86297 | 2130 | 535** | 460** | 330* | 280* | 170 | 70 | 20 | | | | |
| 82417 | 1875 | 790** | 715** | 585** | 535** | 475** | 125 | 325 | 305* | | | |
| 克疫(CK) | 1835 | 830** | 725** | 595** | 545** | 485** | 385** | 335* | 615* | 10 | | |
| 85402 | 1400 | 1265** | 1190** | 1060** | 1010** | 950** | 850** | 800** | 780** | 475** | 465** | |
| 82309 | 1375 | 1290** | 1215** | 1085** | 1035** | 975** | 875** | 825** | 995** | 800** | 185** | 25 |

* 0.05 显著标准

** 显著标准