

甘藷中の澱粉に及ぼすガンマ線照射の影響

誌名	食品総合研究所研究報告 = Report of National Food Research Institute
ISSN	03019780
巻/号	58
掲載ページ	p. 7-11
発行年月	1994年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



甘藷中の澱粉に及ぼすガンマ線照射の影響

林 徹・等々力節子

Effect of gamma-ray irradiation on starch in sweet popato roots

Toru HAYASHI and Setsuko TODORIKI

Starch contents, as well as the size and molecular weight, in sweet potato roots decreased during storage at 30°C after gamma-ray irradiation, accompanying the increase of sucrose content. No change in the starch and sucrose contents was observed in unirradiated specimens. By microscopy damaged starch granules were observed only in gamma-ray irradiated roots. The results suggested that starch was converted into sucrose in irradiated sweet potato roots by the enzymes responsible for starch-sugar interconversion of which the activities were enhanced by gamma-ray irradiation.

著者らは、ガンマ線照射した甘藷を2週間貯蔵すると、ショ糖量が増加して澱粉量が減少することをすでに報告している^{1)~3)}。また、著者らは馬鈴薯や甘藷中のショ糖リン酸合成酵素、ショ糖合成酵素、フォスホリラーゼ等、澱粉からショ糖への変換に関与していると考えられている酵素の活性が照射により上昇することも見いだしている^{3)~5)}。さらに、甘藷や馬鈴薯において、澱粉からショ糖への代謝経路の中間代謝物質であるUDP グルコースやショ糖-6-リン酸のC-14 ラベルのショ糖への取り込みがガンマ線照射により増加することも報告している³⁾⁶⁾。これらの結果は、照射馬鈴薯や照射甘藷において、澱粉からショ糖への変換が促進されている可能性を示唆するものであり、放射線照射により甘藷中の澱粉の一部が分解されてその諸特性が大きく変化している可能性がある。そこで、照射甘藷を貯蔵した時の澱粉の量および性質の変化について検討した。

実験方法

1. 材 料

茨城県産の甘藷(紅高系)を食総研近辺の市場で購入して実験に用いた。

2. 甘藷の照射および貯蔵

カナダ AECL 製のガンマセル 220 を用いて Co-60 のガンマ線を 1 kGy 照射した。線量率は 6.2 kGy/h であった。照射した後、甘藷はダンボールに

入れて 30°C, RH 75% の条件下で暗所にて貯蔵した。

3. 甘藷中のショ糖および澱粉の定量

ショ糖および澱粉の定量は既報²⁾の方法に従って行った。すなわち、ショ糖含量は、インペルターゼを作用させて生じたグルコースをグルコースオキシダーゼとパーオキシダーゼの酵素反応を利用して定量することにより求めた。また、甘藷を 1 N HCl とともに沸騰水中で 3 時間加熱した後生じたグルコースを、グルコースオキシダーゼ、パーオキシダーゼの酵素反応を利用して定量し、得られたグルコース量に 0.9 を乗じて澱粉量とした。

4. 澱粉の調製

甘藷約 5 kg を家庭用万能調理器を用いて破碎した後、2 層のガーゼで濾過して得られた沈殿物を 5 回水洗した後、20% イソアミルアルコールで洗浄して蛋白質を除去した。さらに、沈殿物をメタノールとエチルエーテルで脱脂した後、自然乾燥し、澱粉試料として実験に供した。

5. 澱粉の粒径分布の測定

澱粉約 10 mg を 3% チオシアン酸アンモニウムを含むイソプロパノール約 100 ml に懸濁し、コールターカウンター TA-2 (Coulter Electronics 社) を用いて 50000 粒について粒径を求めた。

6. 澱粉溶液の粘度の測定

澱粉を 0.5 N NaOH に溶解して 0.2% 溶液を作

製した。澱粉溶液 9 ml をシリンダータイプのカップ Rotor-NV (Haake 社) に入れて回転粘度計 Rotovisco-RV-12 (Haake 社) を用いて 20°C にて 256 rpm における粘度を測定した。

7. 澱粉の平均分子量の測定

Park-Johnson 法⁷⁾ により澱粉の平均分子量を求めた。澱粉 50 mg, Na_2CO_3 5.3 mg, KCN 0.65 mg, フェリシアン化カリウム 0.5 mg, 水 4 ml を混合し, 100°C で 15 分間加熱した後に冷却した。0.15% 鉄ミョウバンと 0.1% SDS 溶液を含む 0.05 N H_2SO_4 を 5 ml 加えて 15 分間室温で放置した後に OD_{690} を測定することにより, 澱粉の還元力を求めた。グルコースを標準物質として同様に還元力を求め, 澱粉分子中の還元末端グルコース量を求めて, 澱粉分子の数を計算した。この結果に基づいて, 澱粉の平均分子量を求めた。

8. 澱粉のゲル濾過

澱粉 10 mg を 0.1 N NaOH 2 ml に溶解させた後, Sepharose-CL-4 B を詰めたカラム (2.6×76 cm) を用いてゲル濾過を行った。なお, 展開溶媒は 0.05 N NaOH を用い, 流速は 5 ml/h となるように調節した。流出液は 2 ml ずつ分取し, フェノール-硫酸法で炭水化物量を求めた。

9. 澱粉の顕微鏡による観察

澱粉試料をそのまま金パラジウム蒸着することにより走査型電子顕微鏡用の試料を調製した。電子顕微鏡は日立 S-500 A を用いた。

光学顕微鏡用の試料は, 甘藷の 1 mm 角の切片を 4% グルタルアルデヒドおよび 1% オスミウム酸で固定した後, エポキシ樹脂中に包埋することにより調製した。光学顕微鏡の観察に際して, 試料は SCHIFF 染色⁸⁾ した。

結果及び考察

1. 貯蔵中の照射甘藷の澱粉量

甘藷を 1 kGy 照射して 30°C で 3 週間貯蔵している間にショ糖量は約 2% から 12% に, 澱粉量は約 25% から 15% にそれぞれ変化した (図 1)。甘藷を貯蔵している間, 経時的にショ糖が増加するのにもない澱粉が減少しており, ショ糖の増加量と澱粉の減少量がほぼ一致した。このことは, 照射甘藷において澱粉がショ糖に変換されることを示唆している。なお, 非照射の試料を 4 週間貯蔵しても, ショ糖量, 澱粉量ともにほとんど変化しなかった。

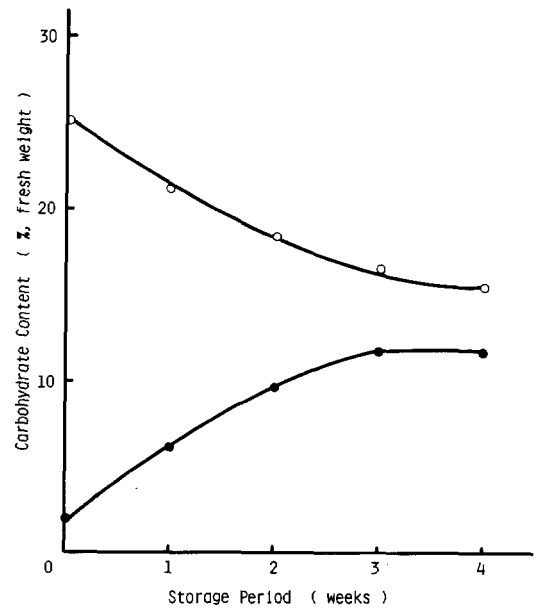


図 1 ガンマ線照射した甘藷を 30°C で貯蔵した時のショ糖と澱粉量の変化

● : ショ糖量, ○ : 澱粉量

2. 澱粉の粒径分布

非照射甘藷を 30°C で貯蔵しても澱粉の粒径はほとんど変化しなかったが, 1 kGy 照射してから 30°C で貯蔵した甘藷では, 貯蔵期間が長くなるほど澱粉の粒径が小さくなった (図 2)。また, 照射直後の甘藷の粒径分布は非照射のものと同様であった。このことは, 澱粉粒は照射による直接の影響で小さくなるのではなく, 照射甘藷を貯蔵している間に代謝されて小さくなっていることを示唆している。

3. 澱粉の粘度

非照射甘藷の澱粉溶液の粘度は甘藷を 30°C で貯蔵している間ほとんど変化しなかったが, 照射甘藷の澱粉溶液の粘度は甘藷を貯蔵していると徐々に低下した (表 1)。澱粉の粒径と同様, 照射直後には粘度の低下は観察されなかった。これらの結果は, 照射甘藷中の澱粉分子は貯蔵している間に分解したことを示唆している。

4. 澱粉の分子量

照射甘藷の澱粉の平均分子量は, 照射直後は非照射試料と同じであったが, 貯蔵している間に徐々に小さくなり, 非照射甘藷の澱粉の約半分以下となった (表 2)。なお, 非照射甘藷の分子量は貯蔵してい

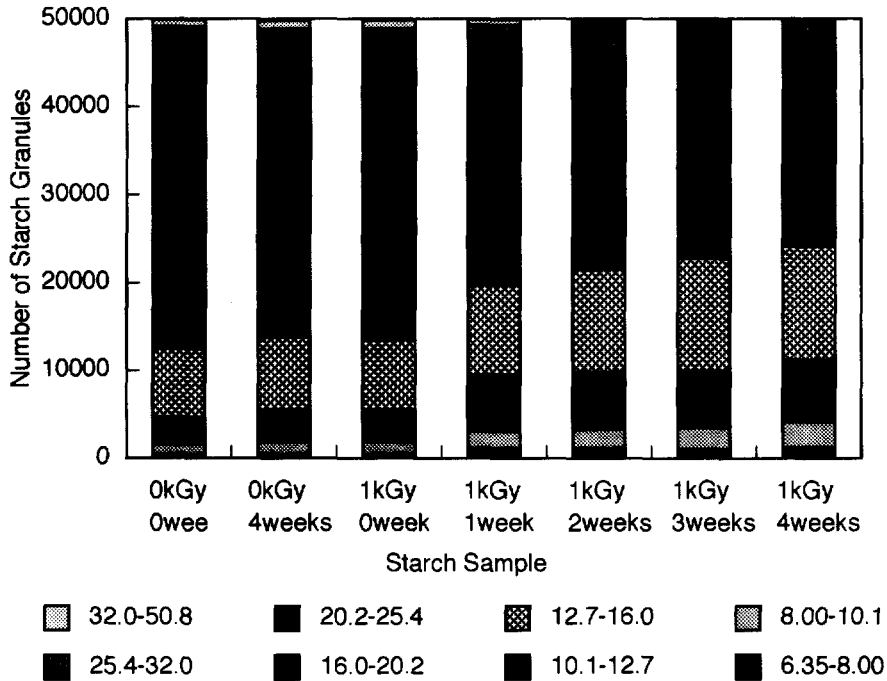


図2 ガンマ線照射して貯蔵した甘藷から調製した澱粉の粒径分布

表1 ガンマ線照射して貯蔵した甘藷から調製した澱粉の2%溶液の粘度

Irradiation (kGy)	0	0	1	1	1	1	1
Storage (week)	0	4	0	1	2	3	4
Viscosity (mPa·s)	30.8	31.2	30.8	28.8	27.6	26.7	26.0

表2 ガンマ線照射して貯蔵した甘藷から調製した澱粉の平均分子量¹⁾

Irradiation (kGy)	0	0	1	1	1	1	1
Storage (week)	0	4	0	1	2	3	4
Molecular Weight	1360000	1410000	1370000	720000	670000	560000	550000

1) 平均分子量はPark-Johnson法により求めた。

る間ほとんど変化しなかった。この方法は澱粉試料の還元力を測定するものであるため、グルコース等の還元糖が混入していても測定値に誤差の生じる可能性がある。しかし、いずれの澱粉試料においても遊離のグルコース等は全く検出されなかった。また、非照射甘藷および1 kGy照射してから3週間貯蔵

した甘藷から調製した澱粉のゲル濾過パターンを比べたところ、パターンは照射甘藷の澱粉の方が低分子に移動していた(図3)。

表2に示した澱粉の平均分子量は甘藷を照射して貯蔵することにより半分以下になったが、表1に示した粘度および図3に示したゲル濾過においては、

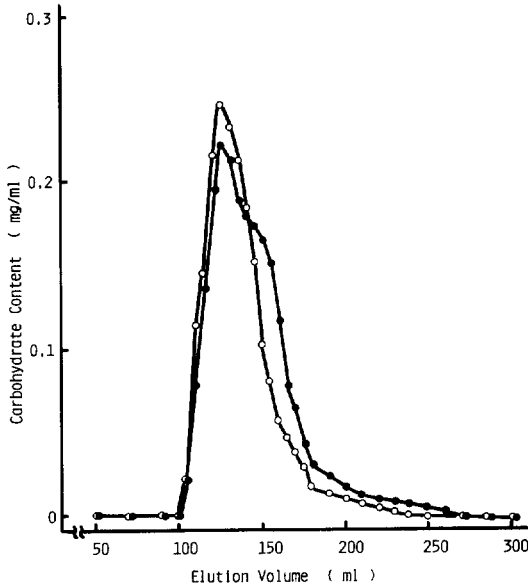


図3 甘藷から調製した澱粉のゲル濾過パターン

○；非照射

●；1 kGy照射後30°Cで3週間貯蔵

照射甘藷中の澱粉の値はそれほどは低下していない。これに関しては、比較的高分子の澱粉が照射甘藷中に残っているために、重量平均分子量と関係の深い粘度やゲル濾過パターンは表2に示す数平均分子量ほど値が小さくなっていないものと思われる。しかし、いずれの実験においても、照射して貯蔵した甘藷中の澱粉の分子量は低下しているという一致した結果が得られた。

5. 澱粉の顕微鏡による観察

澱粉粒子を走査型電子顕微鏡で観察すると、照射して2~4週間貯蔵した甘藷の澱粉試料には図4の写真に見られるような小さな空洞のある澱粉粒子が約20個に1つの割合で観察されたが、非照射試料ではこのような澱粉粒は全く見つからなかった。また、これよりも大きな空洞のある澱粉粒子はいずれの試料からも見い出せなかった。2~4週間貯蔵した甘藷から調製した澱粉試料の間で、小さな空洞のある澱粉粒子の存在確率は同じであった。なお、このような損傷澱粉粒はアミラーゼ等で処理した時にも観察される⁹⁾。さらに詳しく澱粉粒の変化の様子を知るために、非照射甘藷および照射して3週間貯蔵した甘藷の顕微鏡用切片を作製し、切片中の澱粉を染色して光学顕微鏡で観察したところ、図5のような結

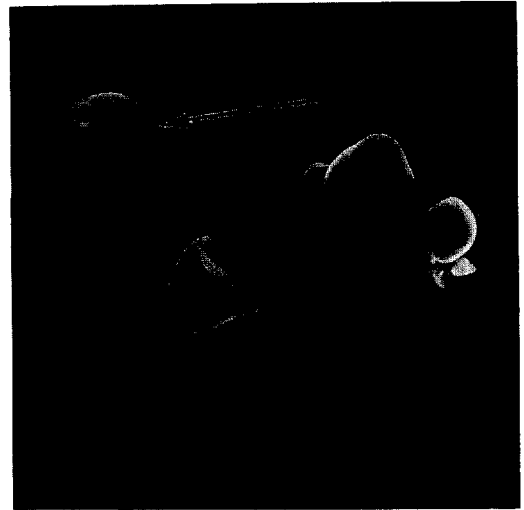


図4 1 kGy照射後30°Cで3週間貯蔵した甘藷から調製した澱粉粒

果が観察された。すなわち、照射甘藷切片中には損傷澱粉らしきものが観察されたが、非照射甘藷中には損傷澱粉らしきものはほとんど見い出せなかった。

澱粉の粒径、分子量、粘度ともに照射直後には低下せず、貯蔵に伴い低下した。さらに、澱粉を顕微鏡で観察すると、照射して貯蔵した甘藷においては、アミラーゼのような酵素で処理した際に観察される損傷澱粉と似た空洞のある澱粉粒が観察された。著者らは照射した馬鈴薯や甘藷においてフォスホリラーゼ、ショ糖リン酸合成酵素、UDP グルコースピロフォスホリラーゼなどの澱粉からショ糖への変換に関与する酵素の活性が上昇すること³⁾⁻⁵⁾、及びUDP グルコースやショ糖リン酸などからショ糖への変換が促進されること⁹⁾を見いだしている。本研究及び既報の結果を総合すると、甘藷中の澱粉は、ガンマ線の直接の影響を受けて分子量や粒径が小さくなるのではなく、ガンマ線照射により甘藷中で活性の上昇したフォスホリラーゼなどの作用により分解されることにより、分子量や粒径が小さくなったものと思われる。

文 献

- 1) Hayashi, T. and Kawashima, K.: J. Food Sci., 47, 2011 (1982)
- 2) Hayashi, T. and Kawashima K.: Agric. Biol.

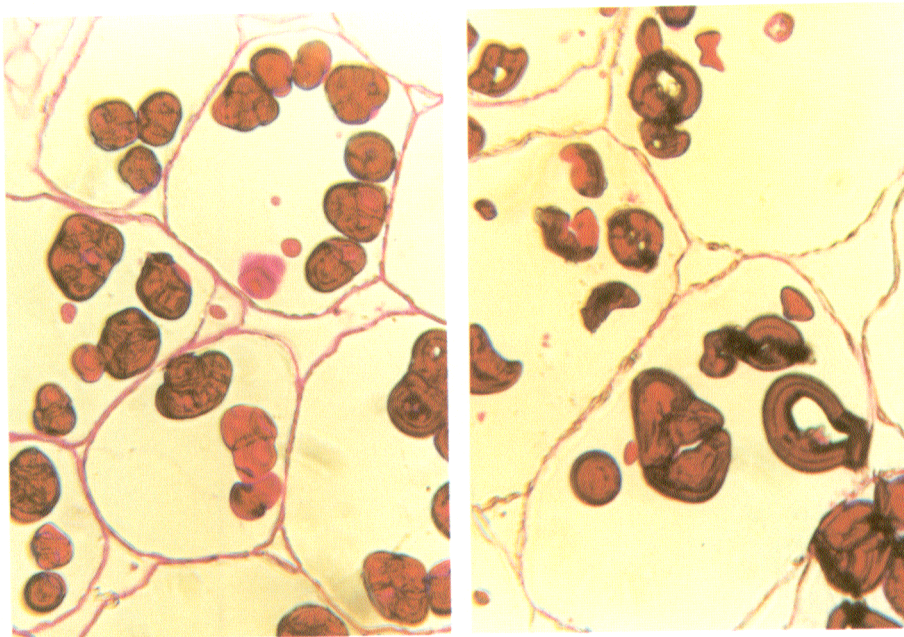


図5 甘藷中の澱粉粒 (×150)
 左：非照射
 右：1 kGy照射後30°Cで3週間貯蔵

- Chem., 46, 1475 (1982)
- 3) Hayashi, T.: JARQ, 19, 295 (1986)
- 4) Hayashi, T. and Kawashima, K.: J. Food Sci., 48, 124 (1983)
- 5) Hayashi, T., Sugimoto, T. and Kawashima, K.: 日食工誌, 31, 281 (1984)
- 6) Hayashi, T. and Aoki, S.: J. Agric. Food Chem., 33, 14 (1985)
- 7) Park, J.T. and Johnson, M.G.: J. Biol. Chem., 181, 149 (1949)
- 8) Saio, K. and Suzuki, H., Kobayashi, T. and Namikawa, M.: Food Microstructure, 3, 65 (1984)
- 9) 鈴木繁男, 中村道徳: 澱粉科学実験法, p.128 (1979) (朝食書店)