放射線による馬鈴薯の発芽抑制

(第5報) 長期貯蔵中の糖およびアミノ酸の変化と
ポテトチップス製造への影響

高野 博幸*・鈴木 忠直*・梅田 圭司*

Sprout Inhibition of Potatoes by Ionizing Radiation

Part V. Effect of irradiation on the reducing sugar and amino acid content,
and quality of crisps produced from irradiated potatoes

HIROYUKI TAKANO, TADANAO SUZUKI and KEIJI UMEDA

Reducing sugar content of irradiated and non-irradiated potatoes during storage at ambient temperature showed no significant differences up to 6 months. After 7 months, reducing sugar content of non-irradiated potatoes decreased with sprouting, but irradiated potatoes showed no significant differences. Reducing sugar contents of the samples stored at 5°C were 2 to 3 times higher than that of the samples stored at ambient temperature. Reducing sugar content of transferred samples from 5°C to ambient temperature for 2 weeks were almost at same levels with samples stored at ambient temperature.

The pattern of amino acids showed no significant differences between irradiated and non-irradiated ones irrespective of storage conditions, but pattern similarity decreased with the extension of storage period when compared with samples which were immediately irradiated.

Results of crisps quality produced from non-irradiated and irradiated potatoes showed that transferred samples from 5°C to ambient temperature for 2 weeks before processing, were most acceptable of all samples tested. Crisps produced from samples irradiated and stored at ambient temperature was acceptable until 8 months, but after 8 months of harvest due to evaporation of water, shrinkage occurred and cell walls hardened, and these condition resulted in half done products. There was good correlation between crisps colour and reducing sugar contents. From above results, irradiated potatoes were usable for chipping purposes up to 8 months at ambient temperature. The extension of processing period was obtained by irradiated samples stored at 5°C when transferred to ambient temperature for 2 weeks before processing.

(Received Apr. 8, 1974)

日本の馬鈴薯生産量は350万トン程度で、このうちの96%は春植え馬鈴薯である。生産量の最も多いのは北海道で、全生産量の57%を占めており、また市場用馬鈴薯(全生産量の27%)の半分以上が北海道産のものである。その他の都道府県生産量は少なく、全生産量の1%以下の地域がほとんどである。一方加工用馬鈴薯は、全生産量の40%程度であるが、そのほとんどが北海道産で、でん粉製造原料となっている。また二次加工へ利用される馬鈴薯は、全生産量のわずか1%くらいで

ある¹⁾²⁾。

しかし馬鈴薯の二次加工製品であるポテトチップスやシューストリングの生産量は、年々増加している。これらの二次加工原料の多くは、秋に収穫される北海道産“農林1号”が用いられているが、休暇期間が3カ月程度ときわめて短いので、通常低温貯蔵(3~7°C)によって発芽を抑えて原料を確保している。低温貯蔵中に増加した還元糖は、加工前にコンデショニング(高温処理)を行ない減少させているが、その際急激な発芽を伴うため

* 農林省食品総合研究所(東京都江東区塩浜 1-4-12)

National Food Research Institute, Ministry of Agriculture and Forestry, Koto-ku, Tokyo.

に製品の収量は低下し、さらに腐敗などによる品質の劣化もまねきやすくなる。

われわれはすでに、7~15 Krad のガンマ線照射によって、馬鈴薯の発芽を抑制し、8カ月間室温に貯蔵できること、また照射後低温に貯蔵した場合に増加する還元糖は、コンデショニングによって非照射試料同様に減少させることができ、二次加工原料として十分利用できるであろうと報告した^{5)~6)}。一方 GARDNER らは、照射した加工用馬鈴薯を長期間室温に貯蔵しておく、約7カ月後から還元糖は増加し始め、8カ月以降は加工用原料としての適性は失なわれると報告している⁷⁾。また、EISENBERG らは、照射馬鈴薯の加工適性を調べ、収穫後5カ月間では十分利用できる⁸⁾と述べている。

そこで今回は、照射馬鈴薯の加工適性について検討を行なうために、照射後の貯蔵中におけるアミノ酸含量と還元糖量の変化を調べ、さらに長期貯蔵後にポテトチップスの製造試験を行なった。

実験方法

1. 試料

試料は、47年9月27日に北海道十勝で収穫した“農林1号”である。収穫後10日目に日本原子力研究所高崎研究所のCo-60 γ -線源を用い、線量率 1×10^5 R/hr で10 Krad の固定照射を行なった。照射試料は非照射試料とともに5°Cと常温に10カ月間貯蔵した。

2. 還元糖量およびアミノ酸含量

還元糖量は、Somogyi-Nelson 法⁹⁾でアミノ酸含量は、日立製 KLA-3 型アミノ酸自動分析計を用い定量分析した。測定は貯蔵後1, 6, 8, 10カ月にしたが、特に貯蔵6, 8および10カ月後には、5°C貯蔵試料を常温に2週間移し、糖を消費させたものについても測定した。

3. ポテトチップス製造試験

貯蔵後、6, 8および10カ月に5°Cと常温貯蔵区の各試料、さらに5°C貯蔵試料を2週間常温に移した試料を用い、専門メーカーに委託してポテトチップスの製造試験を行なった。

4. 官能検査

ポテトチップスの品質評価は、24名のパネルにより色、かたさ、揚げ具合、総合について9点法で行なった。

5. ポテトチップスの色

ポテトチップスを粗碎して24~48時間アセトンに浸漬し脱油して、これを40メッシュに粉碎後ケットの白

度計で白度(%)を測定した。

結果および考察

1. 還元糖含量

Fig. 1に、5°Cおよび常温貯蔵中における生イモの還元糖含量を示した。照射直後には、非照射試料0.22%に対し、照射試料0.25%と照射によってわずかに増加していた。

照射後常温で貯蔵すると、6カ月後までは両試料間にほとんど差がなく、6カ月目に約0.32%であった。その後非照射試料は急激な発芽に伴い糖を消費し、7カ月目には0.16%にまで減少するが、照射試料は逆に0.35%と増加し、以後は増減は認められなかった。

一方照射後5°Cに貯蔵した場合、貯蔵後1カ月目に非照射試料は0.75%に、照射試料は0.85%に増加し、8カ月を過ぎた貯蔵後期には約1%にまで増加した。また

Fig. 1. Reducing Sugar Content of Irradiated Potatoes during Storage
○—○ R.T., ●—● 5°C, ▲—▲ 5°C→R.T.*

Table 1. Reducing Sugar Content of Irradiated Potatoes at Different Periods

Stored period in months	Stored at		
	R.T.	5°C	5°C→R.T.*
6 Months			
Non-irradiated	0.32	0.70	0.33
10 Krad	0.33	0.75	0.31
8 Months			
Non-irradiated	0.16	0.72	0.26
10 Krad	0.36	0.77	0.45
10 Months			
Non-irradiated	—	0.94	0.22
10 Krad	0.35	0.98	0.37

* Samples were transferred from 5°C to ambient temperature at two weeks before analysis.

Table 2. Amino Acid Content of Irradiated Potatoes during Storage

Stored period in month Stored at Dose (Krad)	0		One month (November, 1972)		Six months (April, 1973)		Eight months (June, 1972)		Ten months (August, 1973)														
	R.T.		5°C		R.T.		5°C		R.T.														
	5°C		R.T.		5°C		R.T.		5°C														
	0	10	0	10	0	10	0	10	0	10													
Asp-NH ₂ , Thr. Total Glu-NH ₂ , Ser.	115.9	111.4	74.3	93.7	122.1	106.0	77.7	104.6	109.2	164.9	130.8	146.3	83.3	128.2	89.4	106.4	100.3	94.9	46.3	73.4	61.9	49.8	61.7
Aspartic Acid	33.7	46.5	28.2	38.6	61.1	58.6	19.5	21.3	16.2	43.3	23.5	35.1	28.6	47.7	22.2	38.8	26.6	39.7	7.6	14.5	9.0	10.1	13.0
Glutamic Acid	76.4	63.2	73.0	57.2	77.9	78.2	43.1	44.6	38.5	69.9	52.9	48.1	47.5	63.2	43.2	43.1	41.5	40.0	13.7	25.6	13.4	17.9	20.7
Glycine	2.6	2.7	1.4	2.2	2.3	2.5	1.1	1.4	1.4	2.2	2.0	1.8	2.1	3.1	1.9	2.9	1.7	1.8	2.3	2.1	1.9	1.3	1.1
Alanine	8.4	4.6	5.1	4.5	11.6	11.8	6.1	6.4	3.4	6.1	6.1	7.2	10.0	13.4	7.6	8.2	5.7	5.8	23.0	17.1	11.6	12.4	16.1
Valine	25.8	27.6	24.0	27.6	23.1	27.2	25.4	30.6	31.2	42.9	38.2	40.4	33.1	41.6	34.6	36.3	30.8	28.8	15.8	42.9	34.6	32.0	33.8
Iso-leucine	11.1	15.7	11.1	16.2	13.0	14.7	11.3	18.1	15.8	25.5	23.0	22.9	17.3	33.3	24.1	22.6	21.5	19.1	24.6	30.5	22.8	22.5	25.2
Leucine	4.7	9.3	4.5	8.1	6.4	10.2	6.0	5.8	10.2	15.7	15.4	13.5	9.8	11.5	14.5	12.9	12.4	10.5	10.5	18.6	11.6	14.3	12.1
Tyrosine	19.0	23.3	19.7	27.0	14.5	26.1	22.5	36.5	30.6	42.3	36.7	43.1	33.4	56.3	39.6	49.6	38.8	34.3	39.9	42.2	40.9	37.2	42.0
Phenylalanine	18.8	19.1	15.8	24.3	18.1	17.6	24.1	31.6	25.5	35.2	32.1	31.7	30.8	61.0	37.1	34.8	33.6	36.5	50.7	45.8	48.0	39.4	48.3
γ -Aminobutyric Acid	39.8	41.3	37.2	38.7	39.7	45.0	32.2	28.9	36.0	49.9	35.8	49.2	29.1	34.0	33.8	48.4	36.5	41.5	13.2	39.2	31.3	26.4	30.7
Ornithine	1.1	1.5	—	—	1.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lysine	14.3	19.3	6.4	11.1	18.5	17.3	2.1	4.2	2.5	6.9	3.5	4.3	5.9	14.2	6.2	9.4	6.4	6.9	1.8	2.7	4.1	1.8	2.4
(Ammonia)	3.1	2.9	5.3	6.1	5.0	8.0	5.3	7.3	4.4	6.6	5.2	6.6	4.6	7.7	8.6	11.7	6.5	6.2	2.9	3.7	3.9	2.7	4.7
Histidine	5.7	7.4	6.2	8.6	8.1	4.1	3.7	5.9	4.6	8.2	5.9	7.3	8.3	14.7	8.2	10.5	9.7	8.3	4.0	6.8	4.7	4.7	6.6
Arginine	36.4	40.2	27.4	26.4	53.5	45.7	7.0	10.8	9.5	21.2	11.9	16.0	10.6	23.4	13.2	17.7	16.8	16.1	5.5	7.8	3.8	2.7	5.3
Proline	9.7	20.4	17.5	16.9	13.8	16.5	13.6	25.4	14.7	25.3	19.7	23.6	36.1	62.7	44.4	41.1	39.3	29.7	49.5	88.6	54.8	52.3	46.8
Methionine	13.8	13.1	12.2	14.2	10.4	11.1	11.3	14.6	6.7	8.5	8.3	8.8	16.7	31.2	12.2	13.9	11.0	11.2	13.7	11.6	8.2	8.7	10.5
Total (mg/100 g FSW)	440.3	469.5	369.3	421.4	501.5	500.6	312.0	398.1	360.4	574.6	451.0	505.9	407.2	647.2	440.8	508.3	439.1	431.3	325.4	462.9	366.4	336.2	384.2
Ratio	100.0	106.6	83.8	95.7	113.9	90.9	90.4	81.8	130.5	102.4	114.9	114.9	92.5	147.0	100.1	115.4	99.7	98.0	73.9	105.1	83.2	76.4	87.3

量的には、照射試料の方が非照射試料よりも高い傾向を示した。

Table 1 に、貯蔵後 6, 8 および 10 カ月目における各貯蔵区の還元糖含量と、5°C 貯蔵区のもの进行分析する 2 週間前に常温に移した時の還元糖含量を示した。5°C に貯蔵してあったものを常温に移し 2 週間おくと、還元糖含量は常温貯蔵区のものと同程度にまで減少した。

2. アミノ酸含量

Table 2 に、照射直後、貯蔵後 1, 6, 8 および 10 カ月目における各試料のアミノ酸含量を示した。照射によってかなり増減の激しいアミノ酸があり、たとえばアスパラギン酸、イソロイシン、ロイシン、チロシン、リジンおよびプロリンは 25% 以上増加し、またアラニンは逆に 25% 以上減少した。

しかし照射処理自体あるいは貯蔵条件による差はそれほど大きくなく、むしろ貯蔵期間による差の方が顕著である。貯蔵期間が長くなるに従って増加したアミノ酸は、イソロイシン、ロイシン、チロシン、フェニールアラニンおよびプロリンで、逆に減少していたのはグルタミン酸、リジンおよびアルギニンである。

照射や貯蔵温度さらに長期貯蔵による差がほとんど認められなかったのはグリシンとヒスチジンであった。また全アミノ酸含量は、貯蔵後 6 カ月目まではほとんど差

がなく、10 カ月を過ぎると減少してきた。

Table 3 のパターン類似率¹⁰⁾から、貯蔵期間中における各試料間のアミノ酸パターンの類似率が 1 に近いほどパターンが似ているということになる。Table 3 の右上側半分に類似率を、左下側半分には類似率を 5 群に分け、それぞれの数値に相当する記号で示した。

この結果、各貯蔵期間ごとにみた場合、照射処理あるいは貯蔵条件による差異はほとんどなく、アミノ酸パターンの類似率はきわめてよく一致していた。また貯蔵初期の非照射あるいは照射試料を基準にして、貯蔵中における変化をみると、貯蔵後 1 カ月目ではパターンにほとんど差がなく、6 および 8 カ月目になると若干類似率が低下し、10 カ月目にはパターン類似率は著しく低下し、特に常温貯蔵した 10 Krad 試料の変化が激しい。

3. ポテトチップスの官能検査

貯蔵後 6, 8 および 10 カ月目における各貯蔵試料の外観的観察を行なった。非照射試料は各貯蔵区ともに発芽個体が認められ、特に常温に 6 カ月間貯蔵したものは、発芽と水分蒸散とによる萎縮と軟化がみられ、8 カ月目になると発芽は著しく、10 カ月目以降は加工試験に用いられない状態になった。照射常温貯蔵区の試料は、貯蔵後 8 カ月目までは外観的に変化がみられなかったが、10 カ月目には水分蒸散による萎縮と軟化が認められた。

Fig. 2. Organoleptic Evaluation of Crisps
○—○ R.T., ●—● 5°C, ▲—▲ 5°C→R.T.

Fig. 3. Whiteness of Crisps Powder
O—O R.T., ●—● 5°C, ▲—▲ 5°C→R.T.

Fig. 4. Relation between Reducing Sugar and Whiteness %

Fig. 2 はこれらの試料を用いて加工試験を行ない、ポテトチップス製品の官能検査の結果を示した。

官能検査の結果は、24 人のパネルの評価点を平均したもので、0 は普通、1 はややよい、2 は少しよい、-1 はやや悪い、-2 は少し悪いというように評価を分けて採点を行なった。

常温貯蔵区の非照射試料の各項目の評価点は、貯蔵後 6 および 8 カ月目とも、他の試料よりも劣っていた。一方常温貯蔵区の照射試料の評価点は、貯蔵後 8 カ月目までは各項目とも 0 付近で、品質的には普通程度であったが、10 カ月目では -2 と劣化していた。各貯蔵時期でみた場合、総合評価の最もよかったのは、5°C 貯蔵区のものゝ常温に 2 週間移した後に用いたもので、特にこの照射試料は各項目とも評価点が他の試料よりも高かった。

以上のように、8 カ月までなら照射後に常温貯蔵したものゝ十分に加工原料として用いることができる。またそれ以降に用いる場合は、5°C 貯蔵し加工 2 週間前に

コンデショニングを行なうことにより、照射馬鈴薯の還元糖を消費させると製品の品質は良好になる。

4. ポテトチップス製品の色

Fig. 3 に、脱油後のポテトチップス粉末の白さを白度計で測定した結果を示した。

各貯蔵時期とも製品の色は、常温貯蔵区のものゝよく、5°C 貯蔵区のものゝ最も劣っていた。貯蔵後 10 カ月目の各製品の白度が、6 および 8 カ月目のものゝより全体的に劣っていたが、この原因は加工試験の条件が異なったためである。

常温貯蔵区の非照射試料は、製品の色としてはきわめて白く品質もよいように思われたが、官能検査の評価では最も劣っていた。この原因は製品の色が白いものは好まれないということではなく、硬さ、揚り具合がともに劣っていたことゝもわかるように、水分が十分に除去されずに残っており食べた時に生のような食感を与えたためである。このことは貯蔵後 10 カ月目の常温貯蔵の照射試料の場合も同様であった。

Fig. 4 は、製品の白度と還元糖との相関を表わしたものである。この結果、両者の相関係数は -0.825 ときわめて高く、ポテトチップスの色つきには還元糖が大きな影響を与えることがわかる。しかし還元糖含量とポテトチップスの総合評価との間には直接相関はなく他の要因も考える必要があり、還元糖含量が低いからといって必ずしもよい製品ができるとはいえない。

次に各アミノ酸含量とポテトチップスの総合評価との相関を調べたが高い相関は得られず。比較的高かったのは γ-アミノ酪酸で、相関係数は 0.631 であった。またパターン類似率との間にも相関は認められなかった。以上のことからアミノ酸はポテトチップスの品質に影響を及ぼしていないと思われる。

上記試験と平行して、収穫時期を約 1 カ月遅らせた“農林 1 号”を用い、10 Krad 照射し、上記と同様の試験を行なった。その結果、収穫時期あるいは照射時期による差異は、各項目から認められなかった。

要 約

発芽抑制を目的に放射線処理をした北海道産馬鈴薯“農林 1 号”の長期貯蔵中における還元糖とアミノ酸含量の変化を調べ、さらにポテトチップス製造試験を行な

いその影響を調べた。

(1) 10 Krad 照射後、常温に 10 カ月間貯蔵しても、生イモの還元糖量は 0.4% 以下であった。一方非照射試料は貯蔵後 6 カ月目から急激に発芽を始め、2 カ月目以降は加工用に用いられなくなった。

(2) 照射後 5°C に貯蔵すると還元糖は、常温貯蔵区のものより 2~3 倍多くなるが、これを常温に 2 週間移すことによって常温貯蔵区のものと同程度にまで減少させることができる。

(3) 10 Krad 照射で増減するアミノ酸もあったが、アミノ酸パターンの類似率でみると、照射による影響はほとんどなかった。貯蔵中のアミノ酸の変化をパターン類似率からみると、照射または貯蔵温度による差はほとんどなく、貯蔵期間の影響が大きく、長期貯蔵によってパターンは変化していた。

(4) 貯蔵後 6, 8 および 10 カ月目にポテトチップスを製造し品質を調べた。官能検査の総合評価では 5°C 貯蔵から室温に 2 週間移した後製造したものが最もすぐれていた。照射後常温貯蔵した試料は、照射後 8 カ月目まではポテトチップスの品質はよかったが、10 カ月目以降のものの品質は著しく低下した。

(5) 生イモの還元糖含量が低いと、色の白いポテトチップスができるが、チップスの品質を考えると必ずしも還元糖含量だけに起因しているのではない。還元糖含量が低くても、発芽あるいは水分蒸散によって萎縮し表面にシワが多くみられる馬鈴薯から作ったチップスの品質は、他の試料よりも劣っていた。

(6) 以上の結果から、照射馬鈴薯を常温に長時間貯蔵しても還元糖量は増加せず、8 カ月間は加工原料として十分利用できる。8 カ月以降に加工原料として用いる場合は、水分蒸散による萎縮を防止するため 5°C に貯蔵

し、加工する 2 週間前に常温に移し還元糖含量を低下させる必要がある。

アミノ酸含量は、照射あるいは貯蔵温度による影響よりも貯蔵期間による影響の方が大きかった。しかしアミノ酸は、二次加工製品の品質に対しては影響を及ぼしていないと思われた。

最後に、これら実験を行なうにあたり、試料を恵与していただいた士幌農協の方々、ならびに糖の分析を行なうにあたり多分な御助言をいただいた食品総合研究所の貝沼圭二博士に厚く感謝の意を表します。

文 献

- 1) 農林省農林経済局統計調査部編：作物統計, No. 15 (昭和 48 年 8 月)。
- 2) 農林省農蚕園芸局畑作振興課編：馬鈴しょの生産および流通の現状 (昭和 48 年 9 月)。
- 3) 梅田圭司・高野博幸・佐藤友太郎：食品工誌, 16, 508 (1969)。
- 4) 梅田圭司・川嶋浩二・高野博幸・佐藤友太郎：食品工誌, 16, 515 (1969)。
- 5) 高野博幸・田中芳一・梅田圭司・佐藤友太郎：食糧研報, No. 27, 64 (1971)。
- 6) 高野博幸・青木章平・梅田圭司・佐藤友太郎：農林省食糧研報, No. 29, 48 (1974)。
- 7) GARDNER, D. S. & MACQUEEN, K. F.: Gamma Irradiation in Canada. Atomic Energy of Canada Ltd. Commercial Prod. Div., Ottawa. Publ. No. pp.-4, 11-65, p. 121~126. (1965)。
- 8) EISENBERG, E., LAPOT, M., MANNHEIM, C. M. & ZIMMERMANN, G.: *Confructa*, 16, 288 (1971)。
- 9) 日本化学会編：実験化学講座, Vol. 23 (丸善) (昭和 34 年)。
- 10) 田村真八郎・石間紀男・大沢文江・吉川誠次：栄養と食糧, 22, 559 (1969)。

(昭和 49 年 4 月 8 日受理)