ジャガイモの貯蔵および調理に伴う硝酸・亜硝酸塩 の含有量の変化

園芸食品の硝酸・亜硝酸塩に関する研究（第2報）

畑 明 美*, 緒 方 邦 安**

* 京都府立大学家政学部

**大阪府立大学農学部

Changes of Nitrate and Nitrite Contents During Storage and Cooking of Potato Tubers

Studies on Nitrate and Nitrite in Horticultural Products (2)

Akemi Hata*, Kuniyasu Ogata**

* Faculty of the Science of Living, Kyoto Prefectural University, Sakyo-ku, Kyoto.

** College of Agriculture University of Osaka Prefecture, Sakai, Osaka.

J.Jap. Soc. Food and Nutr., 24 (6), 345~349 (1971)

This experiment was carried out to determine the effects of gamma radiation storage, CA-storage, polyethylene packaging, and cooking on nitrate and nitrite contents of potato tuber.

Nitrate and nitrite contents in potato tubers considerably varied according to the size of the tuber, individual potato plant, and different fields. But nitrate content was almost the same among the potato tubers of similar weight from the same plant. There was found more nitrate content in stem-end of potato tuber than in bud-end. Nitrate and nitrite were stable to heating for cooking, but the losses of nitrate and nitrite were caused by exudation from potato tissue into the cooking water. During the storage in the conditions of low concentration of oxygen that inhibited the respiration of potato tubers, nitrate decreased and nitrite increased slightly. In the gamma-irradiated potato tubers, nitrate increased and nitrite decreased immediately after irradiation, and both contents of nitrate and nitrite gradually decreased during the subsequent storage.

(Received June 9, 1971)

硝酸、亜硝酸塩による缶詰食品のスズの異常溶出事故を契機に、最近、ジュースなどの製造時において使用される水質の規制がなされ、また缶詰に用いられる果実や野菜は硝酸塩含量の少ないものを用いるように考慮されている。硝酸塩含量は果実や野菜の栽培条件、気温、降雨量などの気象環境、収穫時期などに影響されることが大きいことはすでに知られているが、硝酸含量と蓄積条件との関係についてはなお明らかでない。さらに貯蔵加工条件と硝酸、亜硝酸塩の量的変化との関係についても多くの問題が残されている。筆者らは各種園芸食品の硝酸、亜硝酸塩の含量と貯蔵、加工、調理に伴う量的変化について実験を行なっているが、前報では硝酸含量の多いとされるほうれん草について報告¹⁾した。本報では近

年 CA 貯蔵（人工空気組成下における貯蔵, Controlled Atmosphere Storage)²⁾や放射線照射による発芽抑制などで貯蔵性の一層高まってきたジャガイモをとりあげ、硝酸、亜硝酸塩の含有量と貯蔵および調理による変化について検討したのでその結果を報告する。

実験方法

1. 供試材料

市販のジャガイモを使用して硝酸塩含有量と塊茎内分布について実験した。また貯蔵および調理実験には堺市福町の圃場で6月24日に株別に収穫したジャガイモ、品種“男爵”を使用した。

2. 貯蔵条件

表 1. 市販ジャガイモの硝酸塩含量と塊茎内分布

(ppm)

一塊茎内の部位	旧 ジャ ガ イ モ									新ジャガイモ	
	北海道			広島			岡山			愛媛	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
匍 枝 部	15.0	35.0	77.5	78.0	107.5	115.0	75.1	86.5	15.6	49.5	86.5
中 央 部	13.3	19.5	51.0	50.5	78.8	81.4	53.1	49.3	12.5	46.0	65.6
頂 芽 部	6.3	10.7	50.0	40.8	70.0	43.0	39.0	28.0	11.5	39.0	40.1

1969年5月分析

ジャガイモは同一株の同じ位の大きさのものを選んで試料とした。このことは成熟度の違いからくる硝酸塩含量の個体差を少なくするように考慮したためである。貯蔵区は下記のような条件として実験を行なった。

- 1) 貯蔵温度による影響をみるため1°C, 6°C, 20°Cの3区に分けて貯蔵。
- 2) 貯蔵温度 20°C でプラスチックフィルム (厚さ 0.05 mm, 大きさ 23×34 cm) にジャガイモ 6 個宛を入れ密封して貯蔵。
- 3) 貯蔵温度 5°C で CA貯蔵 (CO₂ 3%, O₂ 3%)。
- 4) 10Kradの ⁶⁰Co- γ -線照射をした後, 20°C に貯蔵。
- 5) デシケーター中にジャガイモを 5 個入れ, N₂ガス約 2 l で満たし 40 時間貯蔵。

3. 調理方法

ジャガイモは重量 150 g 位のもので同一株で収穫したものを選び、たてに半切りし、一方を無加熱のまま対照とし、一方を加熱調理した。加熱法はつぎのとおりである。

- 1) 煮る ジャガイモ 3 切れに水 300 ml を加え 30 分間沸騰を続けながら加熱した。
- 2) 蒸す 蒸し器中にジャガイモを皿に入れて沸騰した時に入れ、強火で 30 分間加熱した。
- 3) 揚げる ジャガイモを厚さ 0.3 cm にわ切りにし 160~170°C の油で 2 分 30 秒揚げた。
- 4) 電子レンジ加熱 シャープ R-1200 型電子レンジ 210 V, 260 mA で 6 分間加熱。

4. 硝酸塩および亜硝酸塩の定量方法

第 1 報¹⁾と同様カドミウムカラムを用いる Kamm の改良法により行なった。

実験結果ならびに考察

1. ジャガイモ塊茎内の硝酸塩含有量の分布について

市販ジャガイモを購入し、図 1 に示すような部位に分けて硝酸塩の測定をした。部位別の硝酸塩含量を各産地別に分けてみたのが表 1, 表 2 である。産地, 出所により硝酸塩含量に非常に差がある。一個体ではいずれも匍枝部に含有量が多く、つぎに中央部, 頂芽部の順であった。また維管束部および中心部に多く、髓部に少なかった。

図 1. ジャガイモの測定部位

表 2. 市販ジャガイモの硝酸塩含量と塊茎内分布

(ppm)

一塊茎内の部位	北海道		広島	愛媛
	A	B	C	D
維 管 束	8.8	51.4	63.3	82.0
髓	5.1	26.1	46.8	36.3
中 心	7.6	57.8	70.0	38.8

1969年5月分析

た。

2. 株別にみたジャガイモの硝酸, 亜硝酸塩の含有量について

堺市福町の圃場で収穫したジャガイモを株別に分け、塊茎重量 100~150 g の中程度の大きさのものをとりだし硝酸, 亜硝酸塩の含有量を測定した。試料とした部位は Stem end を中心とし、直径 2 cm のコルクボーラーで打ち抜き匍枝部の 8 g をとって使用した。同一圃場で収穫したジャガイモの株の違いによる硝酸, 亜硝酸塩含量を測定したところ、硝酸塩は多いものでは 91.5 ppm, 少ないもので 25.8 ppm, 亜硝酸塩は 2.88~1.34 ppm あり、株の違いによる含量差がみられた。そこで一株が大小種々の重量のイモをつけている株を 50 株中より 3 株とりだし、株についた大小のジャガイモ全部について硝酸, 亜硝酸塩を測定し、塊茎重量と硝酸塩の含有量についての関係をみた(図 2)。A 株では重量の小さいほど硝酸塩含量が高く、B, C 株でも同じような傾向がある。また非常に小さいものに高い含有量のものがあつた。トマトについても未熟果のものが硝酸含量が高く熟度がすすむと硝酸含量が少なくなるとの報告²⁾もあり、重量の

図2. ジャガイモの塊茎重量と硝酸、亜硝酸塩含量の関係

小さいものを未熟果とみなすと同じようなことがいえる。未熟なものは硝酸塩を吸収するが硝酸還元能力がないか、あっても小さいので吸収された硝酸塩は蓄積されていく。熟度がすすむと還元能力が大きくなり吸収された硝酸塩はただちに還元されるので蓄積されないなどの理由が考えられる。ジャガイモは地中にあり生育段階を追っての測定が困難であったため収穫時での重量の大小という見方をしたが、熟度段階を追ってさらに実験をすすめる必要があろう。硝酸塩含量は個体による差がかなり大きいものであるが、図2からもわかるように同一株のほぼ重量の中位のものでは含有量に大差のないことがわかった。また亜硝酸塩含量は重量と関係がないようである。

3. 調理によるジャガイモの硝酸塩含量の変化

1) 煮た時の変化を表3に示した。硝酸塩は1~2割減少しているが、これは煮汁中に溶出したもので減少量に相当する硝酸塩が煮汁中から検出された。亜硝酸塩も煮ることによる減少は大である。また硝酸塩と同じように煮汁中への溶出がみられた。

表3. ジャガイモの硝酸、亜硝酸塩の煮熟による変化 (ppm)

実験No.	I		II		III	
	NO ₃	NO ₂	NO ₃	NO ₂	NO ₃	NO ₂
なま(対照)	32.8	1.49	33.9	1.33	31.8	1.43
煮る(30分)	29.8	0.34	27.9	0.26	26.2	0.20
残存率(%)	90.9	22.8	82.3	19.5	82.4	13.9
	平均 -NO ₃ 82.5%		-NO ₂ 18.8%			

1 個体を半切りにして比較、煮汁中-NO₃ 5.7 -NO₂ 3.31

2) 蒸した時の変化を表4に示した。溶出による損失が少ないため硝酸塩量の減少は煮た時より少なかった。

3) 揚げた時の変化は表5に示した。くりかえし実験Ⅲの硝酸塩は揚げたものが増えているが、これは揚げたものだけ切り方をかえ横に薄切りして試料としたことで

測定部位による差が生じたものと考えられる。蒸す、煮るに比べ硝酸塩は減り方が多いように思われるが、高温処理の影響ではなく、ジャガイモを他の方法より薄く切ったことにより溶出が大であったものと考えられる。

4) 電子レンジで処理した結果を表6に示した。電子レンジは普通の加熱と異なり、食品内部の100℃までの温度上昇は圧倒的に早く、そのため食品成分のアスコルビン酸、カロチン、ビタミン B₁, B₂ などについての実験報告⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾では、全般的に他の加熱法にくらべ減少が少ないとされる。時間の早いということと余分の水分を用いないことで溶出による損失が少ないためであろう。調理方法のところで述べたが、煮る、蒸す操作を30分としたのに対し、電子レンジ加熱では6分間で可食で

表4. ジャガイモの硝酸、亜硝酸塩の蒸煮による変化 (ppm)

実験 No.	I		II		III	
	NO ₃	NO ₂	NO ₃	NO ₂	NO ₃	NO ₂
なま(対照)	25.1	1.90	39.6	1.77	90.1	2.14
蒸す(30分)	19.0	0.36	38.7	0.29	90.8	0.43
残存率(%)	75.5	18.3	97.5	16.4	100.8	20.1
	平均 -NO ₃ 91.3%		-NO ₂ 18.3%			

1 個体を半切りにして比較

表5. ジャガイモの硝酸、亜硝酸塩の油揚げによる変化 (ppm)

実験 No.	I		II		III	
	NO ₃	NO ₂	NO ₃	NO ₂	NO ₃	NO ₂
なま(対照)	36.1	1.99	35.3	1.86	31.2	2.13
油揚げ(160~170℃ 2.5分)	15.0	0.36	28.3	0.53	40.1	0.20
残存率(%)	41.6	18.1	80.2	28.5	128.5	9.4
	平均 -NO ₃ 54.4%		-NO ₂ 18.7%			

1 個体を半切りにして比較

表6. ジャガイモの硝酸、亜硝酸塩の電子レンジ加熱による変化 (ppm)

実験 No.	I		II		III	
	NO ₃	NO ₂	NO ₃	NO ₂	NO ₃	NO ₂
なま(対照)	119.8	0.63	87.6	0.42	66.5	0.46
電子レンジ(6分)	61.7	1.27	52.6	0.53	44.6	1.23
残存率(%)	51.5	201.5	60.0	126.2	67.1	267.4
	平均 -NO ₃ 59.5%		-NO ₂ 19.4%			

1 個体を半切りにして比較、シャープ R-1200, 210 V, 260 mA

表 7. ジャガイモ貯蔵中の硝酸、亜硝酸塩含量の変化 (ppm)

温度区	30日		40日		120日		200日	
	NO ₃	NO ₂	NO ₃	NO ₂	NO ₃	NO ₂	NO ₃	NO ₂
1°C区	50.5	1.07	58.0	2.01	57.2	0.23	30.1	0.00
6°C区	97.4	1.14	112.1	1.98	65.9	1.07	84.5	0.11
20°C区	95.3	0.76	155.8	1.65	60.1	0.76	70.0	0.15

貯蔵当初 NO₃ 70.5 NO₂ 2.12, 温度区間の比較は同一株のイモ, 6月30日貯蔵開始

表 8. 20°Cポリエチレン包装貯蔵によるジャガイモの硝酸、亜硝酸塩含量の変化 (ppm)

区	18日		30日		110日*		170日**	
	NO ₃	NO ₂	NO ₃	NO ₂	NO ₃	NO ₂	NO ₃	NO ₂
無包装	51.4	0.11	69.6	1.33	77.4	1.19	75.9	0.11
ポリ包装	32.6	0.44	67.4	1.58	50.2	0.80	39.2	0.03

貯蔵当初 NO₃ 58.2 NO₂ 1.10, 区間比較は同一株
プラスチックフィルム厚さ 0.05 mm, 袋内 CO₂3%, O₂12%

* 発芽始

** 発芽

きる状態になった。

この場合ジャガイモを皿に入れてクレラップでふたをして加熱したため他への成分の流出は考えられないが, 表 6 に示したように硝酸含量は 52, 60, 67% と平均 4 割の減少があり, 亜硝酸塩は逆にいずれも 2 倍近く増大している。このことから亜硝酸塩は硝酸塩の還元中間物質としてあるていどの蓄積があるものと思われる。またマイクロ波加熱がたんなる温度上昇以外の効果をもつようにも考えられるが, この点については今後十分検討したい。

4. 貯蔵中の硝酸、亜硝酸塩含量の変化

1) ジャガイモを 1°C, 6°C, 20°C の各温度区に貯蔵し硝酸、亜硝酸塩含量についてみた結果を表 7 に示した。各温度区には同一株のイモを使用して貯蔵した。しかし個体差があり値にバラツキはみられたが, 総体的に 3 つの温度区間中では 1°C 区の硝酸含量がもっとも減少している。

2) 20°C で厚さ 0.05 mm のプラスチックフィルムで密封貯蔵した時の変化を表 8 に示した。無包装のものにくらべ密封したジャガイモの硝酸塩は減少した。亜硝酸塩は貯蔵 30 日後までは無包装のものよりいくらか多く, 発芽の起こった 110 日貯蔵されたものでは逆に無包装区よりも減少した。

3) 5°C, CA 貯蔵した時の硝酸塩含量の変化を表 9 に示した。硝酸塩は対照区 (普通空気区) に比べ減少している。亜硝酸塩は明らかな傾向はなかった。

1°C, 6°C, 20°C 貯蔵, 20°C ポリパック貯蔵および 5°C CA 貯蔵による硝酸塩と亜硝酸塩の変化を考えてみると,

表 9. 5°C CA 貯蔵によるジャガイモの硝酸、亜硝酸塩含量の変化 (ppm)

区	40日		120日		180日	
	NO ₃	NO ₂	NO ₃	NO ₂	NO ₃	NO ₂
普通空気	43.2	0.70	38.5	2.87	35.3	0.15
CA(CO ₂ 3% O ₂ 3%)	34.2	0.91	23.9	1.96	25.5	0.56

貯蔵当初 NO₃ 51.0 NO₂ 1.92, 区間比較は同一株

硝酸塩はジャガイモの呼吸が抑制された状態では分解減少し, その結果として亜硝酸塩がやや増加するように思われた。

4) 無酸素状態で貯蔵した場合の結果を表 10 に示した。ジャガイモを貯蔵した場合, 呼吸が抑制された状態では硝酸含量が減る傾向がみられたため, 極度に酸素が不足した状態において硝酸含量への影響をみようとして実験したものである。表 10 のように 40 時間放置処理したところ, 明らかに硝酸塩含量の減る傾向がみられた。

表 10. ジャガイモの硝酸、亜硝酸塩の無酸素状態による変化 (ppm)

実験 No	I		II		III	
	NO ₃	NO ₂	NO ₃	NO ₂	NO ₃	NO ₂
対 照	20.7	1.68	56.0	2.12	69.4	1.04
N ₂ ガス	16.7	1.34	41.4	1.51	50.1	1.37
残存率%	80.7	79.8	73.9	71.2	72.2	131.7
	平均-NO ₃ 75.6%			-NO ₂ 94.2%		

デシケータ中, N₂ ガス 2 l 40時間

5) ジャガイモの ^{60}Co - γ -線照射による硝酸塩含量についてはジャガイモを収穫後間もなく10Kradの ^{60}Co - γ -線照射を行ないその影響を調べたものである。照射直後の硝酸塩含量は無照射のものが49.2 ppmであるのに対し、77.0 ppmと増加した。しかしこの増加は一時的なもので、直ちに急減し、貯蔵中には無照射のものよりも硝酸塩含量は少なくなるような傾向を示した。しかし、なお多いものもありその変異は大きいものと考えられる(図3)。

図3. ^{60}Co - γ -線照射によるジャガイモの貯蔵中の硝酸、亜硝酸塩の変化

植物体は必要とする栄養源をほとんど土壌から吸収するが、栄養素の一つである窒素は主として硝酸塩の形で吸収され、組織中でアミノ酸およびタンパク質に合成される。土壌、施肥量、施肥時期、施肥配合率、日照時間、温度、降水量、品種などと硝酸塩蓄積との関係について研究がすすめられているが、硝酸塩蓄積の原因についてはまだ明らかでない。本実験のジャガイモでもみられるように同一品種のものでも産地が違うことによりその含量は大いに異なる。したがって同一品種でありながら同じ時期に測定したものでないものを比較するのは無理かもしれないが、部位別の相違にしても杉山⁷⁾らは匍枝側に多く検出されたとしているのに対し、われわれの分析結果では匍枝側以外の他の部位にもかなり存在すること

が認められた。近年の化学肥料の多用で食品中の硝酸塩含量は増加の傾向にあるように思われる。植物体内にどのような時期にどのような形で蓄積が増えるのか、硝酸還元反応が呼吸生理の中でどのような位置にあり、どう影響するのかなどについては硝酸還元酵素の挙動とも合わせ考え、今後検討されなければならない課題であろう。

要 約

(1) ジャガイモの硝酸塩含量は産地、出所または株によりかなり差があるが、同一圃場で生産された同一株ではほぼ同じ重量のものは、含量に大差がない。

(2) ジャガイモの硝酸塩は、頂芽部より中央部、また中央部よりも匍枝部に多く分布する。また維管束部および髓部に多く中心部に少ない。

(3) ジャガイモの調理実験より硝酸塩は熱により安定のようであるが、煮汁などへの溶出で減少する。電子レンジの加熱により、亜硝酸塩が硝酸塩の還元中間物質としてあるていど蓄積されるようである。

(4) ジャガイモの貯蔵諸実験より、低酸素状態でジャガイモの呼吸が抑制されるような条件下では硝酸塩は分解減少し、亜硝酸塩がやや増加するようである。

(5) ジャガイモに ^{60}Co - γ -線照射を行なうと、その直後では硝酸塩が増加し、逆に亜硝酸塩の減少がみられたが、貯蔵中には総体的に硝酸塩、亜硝酸塩ともに減少する傾向がみられた。

実験を行なうにあたりご協力いただいた岡良博、柏原和孝の両氏に深謝する。

(本研究の要旨は第24回日本栄養・食糧学会総会に発表した。)

文 献

- 1) 畑 明美, 緒方邦安: 栄養と食糧, **22**, 9 (1969)
- 2) 緒方邦安: 園芸食品の加工と利用, 180~184 (1963), 養賢堂(東京)
- 3) 宮崎正則, 国里進三, 岩本善伴, 堀尾嘉友, 黛乙郎: 園学雑, **37**, 2 (1968)
- 4) Gordon, J. and Noble, E.: *J. Am. Dietet. Assoc.*, **35**, 241~244 (1959)
- 5) 稲垣長典, 西尾正子, 服部マリ子: 食品工誌, **12**, 7 (1965)
- 6) 橋谷義人, 大東秀子, 鹿内健彦: 家政学雑, **18**, 3 (1967)
- 7) 杉山直儀, 高橋和彦: 園学雑, **27**, 3₁ (1958)

(昭和46年6月9日受理)