園芸食品の硝酸・亜硝酸塩に関する研究

(第5報) 果菜類の生育ならびに貯蔵に伴う硝酸塩含量の変化

畑 明 美*・緒 方 邦 安**

Studies on Nitrate in Horticultural Products

Part V. Nitrate concentrations of some fruit vegetables
during growing and storage

AKEMI HATA and KUNIYASU OGATA

Nitrate concentrations of some fruit vegetables during growing and storage were investigated.

1) Eggplant: Nitrate concentration increased during growing and the concentration reached a maximum at harvesting stage. The nitrate concentration in the fruits grown in summer slightly decreased from harvesting stage to full ripe stage. The part near the stem end had the highest concentration of nitrate (270 ppm) at the harvesting stage and the opposite side of the fruit had one fifth of the concentration. Nitrate concentration during storage slightly decreased. Chilling injury occurred in fruits during low temperature storage, and the rotting of fruits was observed after 6 day of storage at 20°C. Then, in rotted fruits, a small amount of nitrite was detected.

2) Sweet pepper: Nitrate concentration of sweet pepper during early harvesting period (July) was higher than during late harvesting period (August). During the growing stage from small fruit to full ripe fruit, nitrate concentration gradually decreased. Various temperatures of storage (1°C, 12°C, 20°C) and the controlled atmosphere condition (O_2 -3%, CO_2 3% at 1°C) did not affect nitrate concentration for one month.

3) Cucumis Melo Makuwa type (Prince melon): Small unripe fruits of melon had higher concentration of nitrate than ripe fruits. Distribution of nitrate in a fruit showed higher concentration in epicarp and lower concentration in placenta. Edible part of pulp contained 17 ppm of nitrate.

4) Strawberry: The concentration of nitrate (10 ppm) in strawberry was lower than that of other fruit vegetables. Storage conditions (air, CO_2 : 6%- O_2 : 3%, CO_2 : 10%- O_2 : 2%, at 0°C) did not affect the concentration of nitrate in berries. (Received Oct. 14, 1975)

園芸食品の中から前報までに葉菜類のホウレンソウ、セルリー、根菜類のニンジン、ジャガイモをとりあげ、硝酸、亜硝酸塩の含有量と貯蔵、加工、調理などによる変化について調べ、すでに一連の報告^{1)~4)}をしてきたが、ひきつづき本報では果菜類のうち、ピーマン、ナス、メロン、イチゴの硝酸塩含量について調べた結果を報告する。

実験方法

1. 供試材料

(1) ナス

品種、「千両茄」を用いた。京都府立大学附属農場産で栽培地の施肥条件は表1のとおりである。4月19日に植つけした実生と接木(砧木:赤ナス)栽培のもので、

* 京都府立大学家政学部 (京都市左京区下鴨半木町)

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

** 大阪府立大学農学部 (堺市百舌鳥梅町)

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

表 1 ナス果実の施肥条件（品種：千両茄）

	基 肥	追 肥				合 計	成 分		
		1	2	3	4				
硫 安		5.0		5.0		10.0	N		2.1
過 燐 酸 石 灰	5.0	4.0				9.0	P		1.8
塩 化 加 里		2.0	1.5	2.0	1.5	7.0	K		4.2
ゴ ー ル デ ン 50	6.6					6.6	P		0.066
油 粕		10.0		5.0		15.0	N	P	K
屎 素			2.5		2.5	5.0	N		2.3

(kg/66m²)

6月29日から7月20日までの夏採り果実と9月22日から10月6日までの秋採り果実を使用した。果実の熟度は開いた花にラベルをつけ、開花後の日数と重量により判定した。

(2) ビーマン

品種、「京みどり」を用いた。1月5日ガラス室内温床播種箱に播種し、4月26日に定植。栽培地はガラスファイロンハウス内とした。定植地は電気伝導度計により土壌塩類濃度を測定したところ 1.2 m mho/cm で生育障害限界点付近であったので、消石灰のみを施用し、栽培中追肥はしなかった。ビーマンでは同一株に長期にわたって多数着果が続くので収穫は初期の7月と後期の8月の2回に分けて行ない実験に使用した。熟度判定はナスと同様に開花時にしるしつけをしておき、開花後の日数と果実重量を基準として判定した。

(3) メロン

品種、「プリンスメロン(マクワウリと露地メロンの一代交配種)」を用いた。大阪府立大学附属農場産のもの、栽培地には基肥として、堆肥 2, 窒素 0.9, 燐酸 0.8, 加里 0.7 (kg/66 m²) を施した。硝酸塩含量は未熟果と適熟果のものについて調べた。

(4) イチゴ

品種、「宝交」奈良県郡山産で普通露地栽培によるものを5月22日に収穫し実験に供した。

以上材料はいずれも朝、収穫し、ただちに実験に供した。

2. 硝酸塩および亜硝酸塩の定量方法

前報までと同様、カドミウムカラムを用いる KAMM の改良法により行なった。イチゴについては、アントシアンの赤色色素が測定上、不都合であるのでこれを除去するためホモジナイズした試料に抽出液（塩化カドミウムと塩化バリウムを水とかし pH 1 にした液）と水を加

え1時間放置し、これをガーゼ布でろ過した後、ろ液を 10,000 rpm で5分間遠心分離した後その上澄液を IR-120 H型カラムに通し流液を用いた。なお IR-120 H 型カラムは 2 N 塩酸 200 ml をとおし、カラムを H 型にし、つぎに水 50 ml を流したものを使用した。

3. 貯蔵条件

ナスについては接木栽培と実生栽培のものを熟度をそろえるため開花後 20 日経過したもので、一果重量は 95 g 前後のものを選んで収穫し、収穫後ただちに厚さ 0.03 mm, 大きさ 27×35 cm のポリエチレン袋（開封）に各4個ずつ入れた。貯蔵温度は低温障害を考慮して 0℃ 附近はさけ、8℃ と 20℃ の2区を設定した。

ビーマンは7月の最盛期に開花後 25日～30日経過したもので一果重量は平均 17 g ぐらいのものをそろえて用いた。ナスと同じくポリエチレン袋に入れたが直径 3 mm の穴を8個あけ一袋に 100 g 入れて貯蔵した。貯蔵温度は 20℃, 12℃, 1℃ および 1℃, CA 区 (CO₂ 3% : O₂ 3%) を設定した。

イチゴは適熟果を 0℃ および 0℃, CA 条件 (CO₂ 6% : O₂ 3% と CO₂ 10% : O₂ 2%) 下に貯蔵した。

メロンについては貯蔵実験は行なわなかった。

実験結果ならびに考察

1. ナス

(1) 生育に伴う上下部位別硝酸塩量の変化

ナスの生育状態をみると夏採りナスでは6月22日の開花から1週間後には一果重量は約 7 g であったが2週間後に 50 g, 3週間後 100 g, 4週間後には 190 g になった。秋採りナスは夏採りナスに比べ一般に果実がしまる傾向がみられ、9月8日開花してから2週間後には 25 g 前後、3週間後 85 g, 4週間後 180 g であった。開花後4週間のナスは皮も固く食べ頃をすぎた状態であ

った。硝酸塩量の部位別分布をみるため図 1 に示したように果実のへた部分をのぞいて基部、中部、果頂部の 3 部位に分けて調べた。生育に伴う硝酸塩量の変化を図 2 に示した。生育に伴うナス中の硝酸塩量は夏採り栽培も秋採り栽培のものも生育に伴って増加し、夏採りナスで市場出荷適期と思われる時期(開花後 3 週間)に硝酸塩含量は基部 266 ppm, 中部 72 ppm, 果頂部 58 ppm であり、いずれの部位もこの時期の含量が最大値を示し、収穫適期をすぎるとやや減少した。さらに部位別に含量分布をみると果梗側の基部が全生育期間を通じ最も含量が高く、果頂部の 4~5 倍もある。果頂部、中部は生育期間中基部のような含量の急激な増加はみられなかった。

(2) 貯蔵中の硝酸塩量

貯蔵実験に供したナスの硝酸塩含量は接木ナスの方が実生ナスより少なく、貯蔵当日の硝酸塩量は中部で接木

ナスが 63 ppm, 実生ナスが 80 ppm であった。貯蔵中の変化は表 2 に示したようにいずれも硝酸塩は貯蔵中に減少する傾向がみられるが、接木ナスでは、8℃, 20℃, 両温度区とも実生ナスに比較し減少の程度は少なかった。20℃ 貯蔵ではビッチングの発生はみられなかったが貯蔵後 6 日には、一部腐敗果が出て亜硝酸塩の生成もみられた。この亜硝酸塩の生成は腐敗によるバクテリアのためと考えられる。8℃ 区では果皮にビッチングが現われ果実を切断した場合種子褐変などの低温障害の様相が貯蔵 9 日目ごろにみられ始めたが、実生栽培ナスの方が接木栽培ナスより幾分早く現われた。また 20℃ 区での腐敗発現も実生ナスにおいて貯蔵後 6 日に約 15% みられたのに対し接木ナスでは腐敗発現果が少なく、へた部分に腐敗がみられた程度であった。このような観察結果から接木ナスの方が実生栽培ナスに比べ貯蔵性が高いことがうかがわれた。

2. ピーマン

(1) 収穫時期の相違と硝酸塩含量ならびに適熟果にお

表 2 ナス果実の貯蔵中の硝酸塩含量の変化
(ppm/生鮮物)

貯蔵温度	苗木	部位	貯蔵日数			
			当日	3日	6日	9日
8℃	実生	基部	268	309	242	164*
		中部	80	79	87	40
		果頂部	63	40	51	19
	接木	基部	234	220	207	192*
		中部	63	64	56	63
		果頂部	57	51	36	54
20℃	実生	基部	268	237	150(5.5)	
		中部	80	41	55	
		果頂部	63	39	26	
	接木	基部	234	261	180(13.0)	
		中部	63	77	49	
		果頂部	57	55	39	

注) 供試材料は 4 個ずつ 3 群でその平均値を示す

・夏採り果実を使用。() は NO₂

* 軽度の低温障害果

図 1 ナス果実の測定部位

注) ナスは実生栽培, 接木栽培それぞれ 35 本の植物体(苗木)から 1 本平均 3~5 個体採取して供試した

図 2 ナスの生育に伴う部位別硝酸塩量の変化

注) 供試材料は 10 個体でその平均値

図 3 ピーマン果実の測定部位

注) ピーマンは 70 本の植物体から試料を 1 本平均 10 個体採取して供試した

表 3 ビーマン果実の収穫時期の相違と硝酸塩含量 (ppm/生鮮物)

7 月上旬	8 月上旬
45~65	20~30

注) 供試材料は 10 個体ずつ 2 群の平均値
測定部位図 3 (イ) のように果実をたてに切って分析

表 4 ビーマン果実の適熟果における硝酸塩含量

部 位	硝酸塩含量 (ppm/生鮮物)
基 部	57~70
中 部	26~34
果 頂 部	22~26
種 子 部	15

注) 7 月収穫果, 供試材料は 10 個体
測定部位は図 3 (ロ) に示した

ける部位別硝酸塩量

ビーマンは収穫期間が長いので 7 月と 8 月の 2 期の異なった収穫時期に熟度, 重量のそろった市場出荷適期のものをそろえて収穫し, 収穫期の違いによる硝酸塩含量をみた。分析部位は図 3 (イ) のように果実を縦に 4 つ割りし対称片を用いた。結果は表 3 に示すとおりで, 7 月採取果と 8 月採取果で硝酸塩含量に明らかに差がみられ, 収穫時期がおそい方が硝酸塩含量は少なかった。ナスの場合も夏採りナスは秋採りの収穫時期のおそいものより含量が高かったことと野口ら⁵⁾ のトマト果実において収穫の初期に含量が高く, 中期, 後期になると次第に減少するとの報告と同様の傾向であった。

部位別硝酸塩含量の分布をみるため, 図 3 (ロ) のようにビーマンを横に基部, 中部, 果頂部の三部位に分けて測定した。さらに種子部についてもみた。表 4 に示したように基部が最も含量が高く 57~70 ppm で中部, 果頂部, 種子部の順に含量は少なくなり, 部位によって含量に差のあることが認められた。

(2) 生育に伴う硝酸塩量の変化

生育に伴う硝酸塩含量の変化をみるため 8 月 6 日に開花後の日数と重量から各熟度段階の異なるものを選んで収穫し, 硝酸塩含量を調べた。生育中の果実の重量は 1 週間で 2 g, 2 週間で 7 g, 3 週間で 11 g で開花後 25~30 日の収穫適期で 20~30 g で完熟果のもので 50 g 前後であった。硝酸塩含量は図 4 に示したように幼果期から完熟期にかけて熟度が進むとともに減少した。開花後 25~30 日が収穫適期にあたり含量は 21~26 ppm であった。開花後 40 日以後の完熟果のものでは硝酸塩は

図 4 ビーマン果実の熟度段階による硝酸塩含量

注) 品種: 京ミドリ 8 月果のもの 供試材料は 10 個体で成熟度のそろったものの平均値

図 5 ビーマン果実の貯蔵に伴う硝酸塩量の変化

注) 供試材料は 4~5 個ずつ 1 群とし 3 群 (12~15 個) の平均値, 7 月果のもの

10 ppm と少なかったが, この時期ではビーマンは硬くなり, 果皮は赤色で厚く種も熟し食用には不適であった。

(3) 貯蔵中の硝酸塩量

外観状態をみると貯蔵後 10 日から 20°C では鮮度が落ち, しおれがめだった。貯蔵 24 日後には果皮に赤身を生じ商品価値が低下した。1°C 区, 1°C, CA 区 (CO₂ 3% : O₂ 3%) は 12°C 区, 20°C 区に比べてしおれはなく鮮度はよく保持された。しかし貯蔵後 10 日頃から低温障害とみられる種子褐変やピッチングが現われ始めた。貯蔵中の硝酸塩含量は図 5 に示したようにそれらの外観上の変化と関係なく, いずれの温度区もまた CA 条件下での貯蔵中も含量差はあまりみられず変化はなかった。貯蔵 4 日後に 1°C 区で亜硝酸塩が 5.2 ppm, CA 区で 7.5 ppm 認められた。しかしその後は検出されなかった。原田ら⁶⁾ の報告でも貯蔵中の一時期に亜硝酸塩が急速に生成された後, 消失されることを認めてい

る。硝酸塩が酵素により還元されて亜硝酸塩の生成が起るものであるが、どのような条件下で一時的にしる亜硝酸塩の多量の生成が起り、かつ消失するのか興味ある問題でありさらに検討中である。

3. メロン

(1) 生育に伴う部位別硝酸塩量の変化

開花後 12 日の未熟果は果実重量は平均 430 g であり、果肉は緑色で香もわるいが、開花後 40 日のものでは重量平均 570 g で果肉、胎座部は緑色もきえよい香がでて食べ頃となった。この未熟果と適熟果のものについて果皮、果肉、胎座の硝酸塩含量をみると表 5 のとおりである。未熟果に含量が高いこと、果皮に含量が高く胎座部に少ないのがめだった。

4. イチゴ

(1) 貯蔵中の硝酸塩量

全面着色した可食適期のイチゴを横に中部を切りとり分析したので果肉部と皮部、芯部もすべて混合した。貯蔵中のイチゴの外観状態は 0°C 普通空気区で貯蔵したものは貯蔵後 14 日で一部にカビが発生し、28 日では食べられる状態ではなかった。一方 CA 貯蔵区は CO₂ 6% : O₂ 3% 区も CO₂ 10% : O₂ 2% 区もともに 21 日まではまったく変化がなく、貯蔵後 28 日で CO₂ 6% : O₂ 3% 区は表面が軟化しはじめたが、CO₂ 10% : O₂ 2% 区は表面に変化はみられなかった。しかし、イチゴらしい香

はあまりしなくなっていた。貯蔵後 35 日では両区とも腐敗し、食べられる状態ではなかった。硝酸塩の変化については表 6 に示したが、いずれの貯蔵条件下においても貯蔵初期にはあまり変化はなく、貯蔵後期に、とくに腐敗果では減少する傾向にあった。また亜硝酸塩は貯蔵 2 週間後に高かった。

以上 4 種の果菜類を対象とし、今回は標準的な普通栽培法で栽培されたものについて硝酸塩含量を調べたので、果実内の硝酸塩含量を土壌質、施肥条件との関連においてくわしく述べることはできないが、果実の生育に伴う硝酸塩量の変化をみた結果、ナスでは未熟期に少なく、生育とともに増加したのに対し、ピーマンでは未熟期に含量が高く、完熟期に減少した。このことはナスの場合の施肥法としては基肥と追肥がなされたこと、ピーマンでは栽培中追肥がなされなかったことが、あるいは生育中の果実の硝酸塩量の消長に相違をもたらしたものであるかも知れないが、この点についてはさらに検討を要する。さらに部位別に含量をみると、ナス、ピーマンともに果梗側の基部に含量が高く、中部、果頂部と含量は少なくなっている。また、メロンの胎座部、ピーマンの種子部などくに含量の少ない部位もある。硝酸塩はアミノ物質とともに摂取することで癌などの発現につらなるともいわれていることからその含量に十分注意する必要がある。ことにナスでは一夜漬物などとして生で食することも多く、漬物中では亜硝酸が多量含まれることが原田ら⁹⁾によって指摘されており、摂取上、問題となるところである。貯蔵中、ナスの場合あまり減少を示さなかったこと、20°C 貯蔵 1 週間後の果実に腐敗果であったとはいえ、亜硝酸塩の生成があったことも注目すべき事柄と思われる。またピーマンは貯蔵 1 カ月後でも 20°C、12°C、1°C のいずれの温度条件下でも硝酸塩含量はほとんど変化がみられなかった。イチゴはあまり貯蔵性のない果実であるが、CA 条件下に貯蔵すると、かなりかび

表 5 プリンスメロンの硝酸塩含量
(ppm/生鮮物)

部 位	未 熟 果			適 熟 果		
	最低	最高	平均値	最低	最高	平均値
果 皮 部	105	265	154	30	150	102
果 肉 部	70	105	81	9	30	17
胎 座 部	0.3	1.5	1	2.3	6.0	4

注) 供試材料は 5 個体、果実中央部 2 cm 輪切にして分析

表 6 イチゴの貯蔵中の硝酸・亜硝酸塩の変化

														(ppm/生鲜物)					
貯 蔵 条 件				貯 蔵 日 数				0		7		14		21		28		35	
				NO ₃		NO ₂		NO ₃		NO ₂		NO ₃		NO ₂		NO ₃		NO ₂	
普 通 空 気 区				NO ₃	NO ₂	NO ₃	NO ₂	NO ₃	NO ₂	NO ₃	NO ₂	NO ₃	NO ₂	NO ₃	NO ₂	NO ₃	NO ₂	NO ₃	NO ₂
				9.7	0.04	7.6	0.08	9.7	0.09	8.4	0.03	*4.9	0.01	測定せず					
CA 区	{	CO ₂	6% O ₂ 3%	9.7	0.04	9.7	0.07	12.2	0.12	3.9	0.01	6.4	0.01	*5.8	0.03				
				9.7	0.04	10.3	0.12	7.8	0.04	6.1	0.03	8.8	0.02	5.0	0.02				

注) 貯蔵温度 0°C, 供試材料は 5 個体の平均値, 1 個体平均重量 9 g で 5 個体総重量 45 g.

* 普通空気区貯蔵後 28 日, CA 貯蔵区 35 日の果実はカビ発生, 軟化がみられたがその部位をのぞいて測定

の発生がおさえられるように思われ、CA 貯蔵でも硝酸塩含量の減少はみられず、また亜硝酸塩もつねに検出された。

要 約

果菜類のナス、ピーマン、メロン、イチゴについて、生育中ならびに貯蔵中の硝酸塩含量について調べた。

(1) ナスの果実の生育に伴い硝酸塩含量は増加し、いわゆる収穫適期に最高になり、夏採りナスでは、その後、完熟期にはやや減少した。部位別の含量分布をみると、果梗側の基部に含量が高く、出荷適期のもので 270 ppm も含まれており、果頂部はその 1/4~1/5 の含量であった。貯蔵中、硝酸塩はやや減少するようであるが、低温下では低温障害が生じ、20°C 下では貯蔵後 6 日で一部腐敗果がでて亜硝酸塩の生成がみられた。

(2) ピーマンの果実の硝酸塩含量を 7 月と 8 月の採取果で比較すると、収穫初期の 7 月果に含量が高く後期では約半分となった。生育に伴う硝酸塩の変化については 8 月収穫の果実でみたが、幼果期から完熟期へしだいに減少した。1°C、12°C、20°C および 1°C の CA(O₂ 3% : CO₂ 3%) 下に貯蔵したが、いずれの区も貯蔵 1 カ月を経過しても硝酸塩量の変化はみられなかった。

(3) メロンでは未熟果が適熟果に比し含量が高かつ

た。とくに皮部に多く、胎座には少なく、食用とする適熟果の果肉部で 17 ppm 程度であった。

(4) イチゴの硝酸塩は約 10 ppm で果菜類中では少ない方であるが、0°C および 0°C の CA 貯蔵でもあまり減少がみられなかった。CA 貯蔵では、かびの発生がおさえられる傾向がみられたが、亜硝酸塩含量は普通空気区とあまり変らなかった。

本実験を行なうにあたり、試料提供など実験に援助をいただいた京都府大附属農場、寺田友良、今井俊夫の両氏に対し、また分析にあたりご協力いただいた川崎俊和氏、竹崎宏氏に深謝します。

文 献

- 1) 畑 明美・緒方邦安：栄養と食糧，22，(9)，58 (1969)。
- 2) 畑 明美・緒方邦安：栄養と食糧，24，(6)，345 (1971)。
- 3) 畑 明美・緒方邦安：栄養と食糧，24，(9)，485 (1971)。
- 4) 畑 明美・南出隆久・緒方邦安：食品工誌，20，421 (1973)。
- 5) 野口雅敏・山田憲司・清水英男・牧田勝行：食品工誌，14，390 (1967)。
- 6) 原田基夫・中村洋子・谷村顕雄：食衛誌，13，(1)，38 (1971)。(昭和 50 年 10 月 14 日受理)