日本家政学会誌 Vol. 39 No. 10 1051～1057 (1988)

貯蔵，切断および加熱調理に伴うジャガイモのビタミンC含量の変化

大 羽 和 子

(名古屋女子大学家政学部)

昭和62年4月20日受理

Changes in Vitamin C Content of Potatoes during Storage, Cutting and Cooking

Kazuko ÔBA

Faculty of Home Economics, Nagoya Women's University, Nagoya 467

Contents of total vitamin C (ascorbic acid and dehydroascorbic acid) of potatoes harvested in the spring and autumn were 19.3 and 18.8 mg%, respectively, and decreased during the storage. The decrease in the total vitamin C content was drastic during 1- to 2-month storage, and the content after 2-month storage was less than a half of the content of fresh potatoes. A positive correlation between the decrease in the total vitamin C content and the budding during storage was not observed. It was demonstrated by using three different assay methods that ascorbic acid content of potatoes increased after slicing. The maximum content of vitamin C was observed in potato slices after 2 days. Ascorbic acid content of potatoes decreased gradually during roasting and microwave heating depending on the heating time, however, in the case of steaming and boiling the content decreased within 10-min heating and the content was maintained thereafter. Remaining total vitamin C content after cooking in the optimal heating time was highest in the microwave-heated potatoes (96%), intermediate in the steamed and roasted potatoes (67 and 62%), and lowest in the boiled ones (28%). Residual content of total vitamin C of potatoes cooked as a whole was higher than that of cooked after cutting. Total vitamin C content of frozen fried potatoes commercially available was varied from 4 to 18 mg%.

(Received April 20, 1987)

Keywords: vitamin C ビタミンC, ascorbic acid アスコルビン酸, potatoes ジャガイモ, storage 貯蔵, cutting 切断, cooking 加熱調理.

1. 緒 言

ジャガイモはイモ類のなかでも比較的多くのビタミンCを含んでおり，一度に食される量が多いのでビタミンCのよい供給源とされる．ジャガイモのおもな収穫期は春と秋であるが，貯蔵性に富むために一年中食される．しかし，貯蔵中や調理操作に伴うビタミンCの変化について十分解明されているとはいえない．そこで，本研究ではイモの貯蔵中や皮をむいてスライスして放置した場合，また種々の条件で加熱調理した場合のビタミンC含量の変化を検討した．また，調理操作の容易なフレンチフライ用の冷凍ジャガイモの消費が近年急増しているので，市販の冷凍ジャガイモ中のビタミンC含量を測定し，使用するさいの注意点などについて考察を加えた．

2. 実験方法

1) 実験材料

春イモとしては市販の静岡県産の男爵を，秋イモは市販の北海道産の男爵を用いた．フレンチフライ用冷凍ジャガイモは貯蔵期間が異なる数社の製品をスーパーマーケット3店より購入し，研究室のフリーザー（−25℃）

に貯蔵し，試料とした．A社の製品以外の製品（Table 5）はすべて冷凍前に加熱してあり，植物性油脂または動物性油脂を含んでいた．冷凍ジャガイモ10個の表面約 1 mmを除去し，内部より1本につき0.5 gを取り，10本から5 gを集め，ビタミンC定量用の試料とした．

2) ジャガイモの貯蔵方法

静岡県産男爵は7月15日，北海道産男爵は10月29日に購入したものを貯蔵0とし，室温および低温でおのおの6カ月間貯蔵した．室温貯蔵の場合はイモをダンボール箱に入れ，暗所（実験台の下）に貯蔵した（箱内の湿度90～100％）．低温貯蔵の場合はイモをビニール袋に入れ，冷蔵庫下段の引出し（3～5℃，袋内湿度 98～100％）に貯蔵した．発芽後は芽を1カ月ごとに切除した．

3) スライス後の放置条件

包丁，まな板は熱湯消毒し，他の器具，プラスチックケースや金鋼は70％エタノール溶液で消毒した．よく洗って完全に土を落としたジャガイモの外髄部を，直径 1.0cm のコルクボーラーでくり抜き，2.0 mm の厚さにスライスした．切片を脱イオン蒸留水で3回洗浄した後，ろ紙で余分な水分を取り除いた．プラスチックケースに金網を入れその上に切片をのせ，乾燥しないように箱の底に蒸留水を入れて20℃ の恒温器内に放置した．

4) 加熱調理操作

静岡県産男爵（200 g前後のイモの髄部）1個から 1.5 cm 角の立方体を4ないし8個とり，試料が均一になるように10切片（約 50 g）ずつを4群つくった．

ゆで加熱の場合は，直径 18cm のソースパンに試料（10片ずつ3群）を入れ，試料が十分かぶる量の水（400 ml）を加えて沸騰するまで（約2分）強火で，その後は沸騰が続く程度に火を弱め水ゆでした．加熱開始時より5，10，15分後に1群ずつ試料を取り出し，水分の蒸発を防ぐためにポリエチレンフィルムで包み，室温になるまで（約10分）机上に放置した．

蒸し加熱の場合は，アルミ製蒸し器にふきんを敷き，試料（10切片ずつ3群）をのせ強火で加熱した．加熱開始より8，15，30分後に1群ずつ試料を取り出し，ポリエチレンフィルムに包み室温になるまで放置した．

オーブン加熱の場合は，試料10切片ずつをアルミホイルに包み，あらかじめ150℃ に熱しておいたオーブン（リンナイ㈱製ガスコンベック，RCK-10E-20）内で10，20，40分加熱後取り出し，室温になるまで（約15分）放置した．

電子レンジ加熱の場合は，試料10切片ずつポリエチレンフィルムに包み，電子レンジ（ナショナル NE6330 型，発振周波数 2,450 MHz，高周波出力 600W）で 45，90，180秒加熱した．

各加熱操作後室温まで冷えた試料の重量を測定し，切片の表面より 1 mm 内部を 2 mm の層として，1切片から 0.5 g，10切片から 5.0 g を取り，ビタミンC定量用の試料とした．

イモを丸のまま加熱する場合は 150 g前後のイモを2個用い，オーブン加熱では150℃ で40分，電子レンジ加熱ではイモ1 g あたり1秒の割合で加熱した．別のイモ（150 g 前後）4個から4分割した切片を1個ずつ，8分割した切片を2個ずつ取り，前者を4切片，後者を8切片集めて，アルミホイルに包みオーブン加熱に供した．同様の試料をポリエチレンフィルムに包み電子レンジ加熱に供した．4分割および8分割を行った4個のイモから外髄部を 1.25 g ずつ取り，生イモのビタミンC定量用の試料とした．各大きさのイモを加熱後，室温まで冷えた時点で重量を測定し，水分減少率を測定した．丸のまま加熱したイモ1個の外髄部 2.5 gを取り，2個から 5.0 g を集めてビタミンC定量用の試料とした．分割したイモの場合は，外髄部の切断表面から 1 mm を除去し，その内側の 2 mm の部分を各切片から均等な重量を取り出し，合計 5.0 g を集めてビタミンC定量用試料とした．

5) ビタミンCの定量

i）試　薬

アスコルビン酸（還元型ビタミンC，AsAと略す）は武田薬品工業㈱の製品を，AsA オキシダーゼはベーリンガーマンハイム社の製品を用いた．他の一般試薬は和光純薬工業㈱の特級試薬を用いた．

ii）磨砕および抽出

生および加熱調理したジャガイモ 5.0 g を4％メタリン酸溶液（20 ml）に浸して，生イモの場合は試料にメタリン酸溶液を十分つけながら陶製おろし器ですりおろし，加熱イモの場合はそのまま，冷却した乳鉢に入れ，海砂とともに乳棒で3分間磨砕した．磨砕液を 2,500 rpm で10分間遠心分離し，沈殿に4％メタリン酸溶液（15 ml）を加えて30秒磨砕し遠心分離した．得られた沈殿をさらに4％メタリン酸溶液（10 ml）とともに15秒磨砕して遠心分離した．3回の遠心分離で得られた上清を 50 ml のメスフラスコに移し，全量が 50 ml になるまで沈殿を洗った．この方法は，3-3）の加熱調理操作に伴うビタミンC含量の変化に関する実験において採用したが，抽出操作に時間がかかるので，以下に記したガラスホモジナイザーを用いる方法を検討した．その結果，抽出さ

Table 1. Changes in vitamin C contents of potatoes during storage

Storage period (month)		Stored in room		Stored in refrigerator	
		Total VC (mg%)	Reduced VC (mg%)	Total VC (mg%)	Reduced VC (mg%)
I	0	19.3±1.3	17.4±1.4	19.3±1.3	17.5±1.4
	2	7.7±0.1	6.2±0.1	8.7±0.1	7.3±0.1
	4	8.0±0.2	7.3±0.1	—	—
	6	6.2±0.1	5.3±0.3	6.0±0.7	4.9±0.7
II	0	18.8±0.5	15.4±0.7	18.8±0.5	15.4±0.7
	1	17.3±1.3	15.5±0.9	15.5±0.3	14.0±0.7
	2	9.4±0.0	8.7±0.2	8.4±0.1	7.7±0.1
	3	8.9±0.2	6.4±0.1	7.2±0.1	5.8±0.1
	6	9.0±0.5	7.4±0.9	6.8±1.1	3.6±0.3

I and II: potatoes harvested in July and October were used, respectively. VC, vitamin C. Data are shown as mean value±standard deviation.

Table 2. Changes in vitamin C contents of potatoes after slicing

Time after slicing (day)	Weight loss (%)	Total VC (mg%)	Reduced VC (mg%)	
			Method A*	Method B*
0	0.0	14.7±0.3	13.9±0.2	13.3±0.0
1	6.0	21.6±0.1	20.4±0.3	20.5±0.0
2	14.5	28.6±0.7	24.6±1.6	37.2±1.3
3	17.5	19.9±0.7	17.5±0.4	23.1±1.6

* Methods A and B: DNP method and difference spectra method were used, respectively (see text).

れるビタミンC量に差がみられなかったので，他の実験は以下の方法によった．

細かく刻んだ試料 2.0 g を 4 %メタリン酸溶液 20 ml とともにガラスホモジナイザーで磨砕し，25.0 ml になるまで器具を洗い，遠心分離して上清を得て，ビタミンC量を定量した．

iii）2,4-ジニトロフェニルヒドラジン法（DNP 法）

田村らの方法[1]に従い，530 nm の吸収を測定し，還元型および酸化型ビタミンC量を測定した．また，藤田らの方法[2]に従い，ジャガイモ抽出液の 2,4-ジニトロフェニルヒドラゾンをシリカゲル薄層クロマトグラフィーで分離した（TLC 法）．展開溶媒として，トルエン-アセトン-5 %酢酸（2：1：1）をよく混和しトルエン層を用いた．

iv）差スペクトル法

東野ら[3]および Esaka ら[4]の方法に従い，抽出試料を pH 6.0 で AsA オキシダーゼと 30℃ で 15 分反応させ，243 nm の吸収を測定し，未反応抽出試料の吸収との差から AsA 量を測定した．

とくにことわらない場合は DNP 法でビタミンCを定量した．得られたビタミンC の量は mg/g 新鮮重に換算し，生イモ 100 g あたりの量（mg%）で示した．

3. 実験結果および考察

1）貯蔵に伴うビタミンC含量の変化

静岡産男爵および北海道産男爵の貯蔵に伴う総ビタミン C および AsA 含量の変化を Table 1 に示した．収穫時期に購入したジャガイモの総ビタミン C 量は静岡産（春イモ）19.3 mg%，北海道産（秋イモ）18.8 mg%であったが，イモの貯蔵に伴い減少した．1 カ月間の貯蔵ではその減少はわずかであったが，1～2 カ月の間の減少が著しく，2 カ月後には購入時の半分以下となった．その後は徐々に減少した．室温貯蔵でも低温貯蔵でも総ビタミンC量が同じように減少したが，その理由は

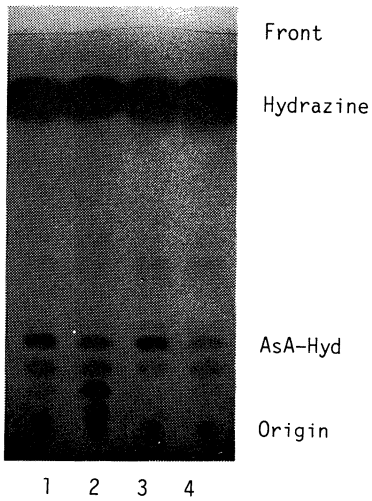

Fig. 1. Thin layer chromatogram of 2, 4-dinitrophenylhydrazone of potato extracts

Lanes 1 and 2: 2, 4-dinitrophenylhydrazone of 1- and 3-day sliced potatoes, respectively. Lanes 3 and 4: 2, 4-dinitrophenylhydrazone of ascorbic acid and of fresh potatoes, respectively. Hydrazine: 2, 4-dinitrophenylhydrazine (non-reacted). AsA-Hyd: 2, 4-dinitrophenylhydrazone of ascorbic acid.

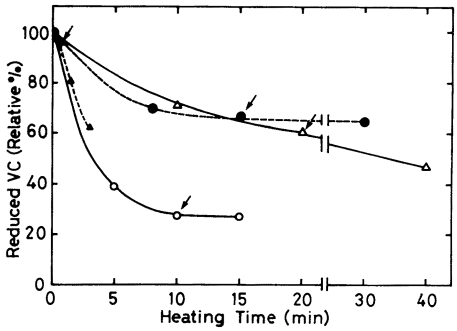

Fig. 2. Effect of heating time on remaining amount of reduced vitamin C (ascorbic acid) of potatoes

Arrows show the optimal heating time. △roasting, ● steaming, ▲ microwave, ○ boiling.

明らかではない.

また，春イモも秋イモも室温貯蔵すると，1カ月後に発芽が認められた．春イモでは発芽に伴いイモが縮小したが，秋イモでは外観の変化はほとんど認められなかった．低温貯蔵の場合は，4カ月後ころから発芽が認められたが，外観は収穫時とほとんど変わらなかった．

以上の結果から，発芽とビタミンC量の減少の間には密接な関連がないといえる．

2) 切断に伴うビタミンC含量の変化

ジャガイモの加工や調理にさいし，イモをスライスして放置することがしばしばある．そこで，スライス後のビタミンCの変化を DNP 法で調べた結果，総ビタミンCおよび AsA 量が増大し，2日後に最大（新鮮時の約2倍）となり，以後減少した（Table 2).

しかし，DNP 法でビタミンCを定量する場合，試料中に含まれるビタミンC以外の化合物の 2,4-ジニトロフェニルヒドラゾン（Hyd）が定量値に影響を与える可能性がある[2]．そこで，ジャガイモ抽出物の Hyd を反応液より酢酸エチルで抽出し，シリカゲル薄層クロマトグラフィーを行った．Fig. 1 に示すように，AsA-Hyd のスポットの位置のみが赤色に発色した．ジャガイモ抽出液の Hyd は AsA-Hyd のスポット以外にもいくつかあったが，色が黄色であるため，総ビタミンCの定量に用いる 530 nm の吸光度には影響を与えないと思われる．また，シリカゲルプレート上の AsA-Hyd のスポットの濃さがスライス後1日＞3日＞0日の順になっている (Fig. 1). したがって，ジャガイモの切断に伴い AsA 量が増大することが強く示唆された．

以上の結果を裏付けるために，AsA 量を差スペクトル法でも測定した．Table 2 に示すように，AsA 量は

Table 3. Changes in vitamin C contents of potatoes during the process of cooking

Heating	Time	Weight loss (%)	Total VC (mg%)	Reduced VC (mg%)
Raw	0 min	0.0	19.2±1.2	14.7±1.4
Boiling	10 min	−2.0	8.9±0.9	5.5±0.9
Steaming	15 min	3.6	14.5±0.3	10.4±0.3
Roasting*	20 min	8.8	14.4±0.8	10.5±1.0
Microwave	80 sec	19.9	16.0±0.6	12.3±0.3

* Temperature of roasting was 150℃.

Table 4. Effect of cut size during heating on the remaining vitamin C contents of potatoes

Heating	Size*	Weight loss (%)	Total VC (mg%)	Reduced VC (mg%)
Raw	—	—	19.8±0.2	16.8±0.1
Roasting	Whole (1)	3.3	19.4±0.1	18.5±0.1
Roasting	Cut (1/4)	23.3	15.3±1.5	12.3±1.2
Roasting	Cut (1/8)	18.1	16.0±0.2	13.9±0.4
Raw	—	—	18.8±0.5	15.4±0.7
Microwave	Whole (1)	7.2	16.1±0.1	15.6±0.1
Microwave	Cut (1/4)	12.2	15.5±0.0	13.7±0.0
Microwave	Cut (1/8)	19.9	17.7±0.1	15.1±0.6

* Whole (1), cut (1/4) and cut (1/8): potatoes were cooked as a whole, cut into four parts and cut into eight parts, respectively.

Table 5. Vitamin C contents of frozen French fried potatoes

Company	Date of production	Storage period (month)	Total VC (mg%)	Reduced VC (mg%)
A	Dec. 25	10	3.9	0.3
B	Apr. 16	6	5.4	4.1
C	Jun. 15	4	6.3	6.4
C*	Jun. 15	7	6.4	5.7
D	Jun. 7	4	7.7	6.3
E	Oct. 18	3	15.7	14.1
D	Nov. 21	2	17.7	17.0
F	Dec. 5	1	12.8	11.9
F*	Dec. 5	5	13.4	12.1

Except a sample produced by Company A, other samples had been heated before freezing and contained plant and animal fats. * Samples were stored in a laboratory freezer (−25℃) for 3 and 4 months.

スライス後2日まで増大し，その後減少した．また，データは示さなかったが，スライス切片の大きさを変え(1cm の厚さの輪切りや厚さ4mm×直径10mm の切片）ても，切断表面から1mm の厚さの切片中の AsA 量は切断後増大していた．

以上の結果から，ジャガイモの加工や調理にさいして，切断して放置すると，総ビタミンCおよび AsA 量が増大することが明らかになった．

1953年瓜谷ら[5]はサツマイモを切断すると AsA が増大することを示唆したが，AsA をインドフェノール法で定量しているため，問題があった．また，1986年 Mondy ら[6]がジャガイモに機械的傷害を与えると AsA が増大することを報告したが，本結果はこれと矛盾しない．

3) 加熱調理操作に伴うビタミンC含量の変化

4種の加熱操作について，加熱時間に伴う AsA 含量の変化を Fig. 2 に示した．

オーブン加熱では，加熱時間が長くなるにつれて AsA 量が減少した．最適加熱時間は20分であり，40分も加熱するとイモのうま味が失われ，水分も少なくなり粘つき，好ましくなかった．

蒸し加熱では，AsA 量が15分までは徐々に減少したが，その後は顕著な減少はみられなかった．最適加熱時間は15分であり，30分後にはイモのうま味が抜けて水っぽくなった．

ゆで加熱では短時間のうちに AsA 量が激減し，その後は徐々に減少し10分以降はほぼ一定の値であった．最適加熱時間は10分であった．

電子レンジ加熱では，最適加熱時間が他の操作に比べて著しく短く45秒であった．加熱時間が長くなるにつれて AsA 量が著しく減少したが，45秒加熱では AsA の残存率が95.5％と高かった．加熱時間が長くなるにつれて水分の減少も著しく，180秒加熱では生の重量の33％まで重量減少が起こった．

以上4種の加熱操作を比較してみると，オーブン加熱と電子レンジ加熱では加熱時間が長くなるにつれてAsA残存率が減少していくのに対し，蒸し加熱とゆで加熱では一定時間後に一定値となった．水蒸気および水を媒体として加熱した場合に AsA の残存率が一定となることは興味深い．

4種の加熱操作のほぼ最適加熱時間におけるイモの重量と総ビタミンC および AsA 量の変化を Table 3 に示した．加熱調理後の総ビタミンCの残存率は電子レンジ加熱が最も高く，ついで蒸し加熱，オーブン加熱が高く，ゆで加熱が最も低かった．また，オーブン加熱の場合は他の加熱操作に比べ，加熱時間が長くかかるので，イモの温度上昇がゆるやかであることが推察される．そのため，AsA オキシダーゼの作用が示唆されたが[7)8)]，本結果では，総ビタミンC 量も AsA 量もほぼ蒸し加熱の場合と同量であり，酸化型ビタミンCの割合も他の加熱操作に比べて高くなっていないので，この可能性は少ないと考える．

加熱時のイモの大きさとビタミンCの残存率を Table 4 に示した．ゆで加熱や蒸し加熱の場合は，切断面が多くなるとビタミンCの溶出量が多くなることが考えられるので，オーブン加熱と電子レンジ加熱について検討した．Table 4 の，イモ1個を丸のまま電子レンジで加熱した場合の総ビタミンC量が，生の値に比べて低くなっているが，予備実験では生と丸のまま加熱したイモの総ビタミン C 量にはほとんど変化がなかった．生，cut (1/4)，cut (1/8) は同一試料を用いているのに対して，丸のまま加熱の場合は別のイモを用いることによる個体差と考える．したがって，表の結果より，イモ1個を丸のまま加熱するよりも，切断して加熱するほうが総ビタミンC量および重量の減少が著しいといえる．

4) 市販冷凍ジャガイモのビタミンC含量

市販の冷凍ジャガイモ（フレンチフライポテト用）のビタミンC 含量を測定し，結果を Table 5 に示した．製品ごとのばらつきが大きく，総ビタミンC 量 4 mg％のものから 18 mg％ のものまであった．春から夏にかけて製造され，貯蔵期間の長かった製品は，秋から冬にかけて製造されたものに比べて総ビタミンC 量が少なかった．とくに，冷凍前に加熱（ブランチング）してない製品（A社製）の AsA 量が著しく少なかった．市販品を研究室の冷凍庫（−25℃）で3～4カ月間貯蔵した場合には，貯蔵中に総ビタミンC量がほとんど減少しなかった（C と C*, F と F* の比較）．したがって，市販品のビタミンC含量の違いは，原料ジャガイモの個体差および製造条件の違いに起因するとともに，製造後の流通過程における温度の影響も受けていると推察される．

＜四訂＞日本食品成分表では，フレンチフライポテトの総ビタミンC量は7 mg％ となっているが，10～12月に製造された冷凍ジャガイモの総ビタミン C 量は 13～18 mg％ と多く，同時期の市販の生イモの値と変わらなかった．また，12月に製造された冷凍ジャガイモを4カ月 −25℃ で貯蔵しても，総ビタミンC 量が 13.4 mg％ と多いのに対し，生イモを6カ月低温貯蔵した場合に 6.8 mg％ と低くなった点は注目に値する (Table 1, 5)．秋から春にかけて貯蔵する場合には，生イモよりも冷凍ジャガイモのほうが総ビタミンC量が多いという結果であった．

女子学生を対象に行った食味テストの結果，生イモや冷凍ジャガイモで作ったフライドポテトの味は，製品間で有意な差が認められなかった．冷凍ジャガイモの調理法では，油で揚げたものが最も好まれ，次にオーブン加熱したもの，電子レンジ加熱したものの順になった．

以上の結果から，冷凍ジャガイモもフライドポテトにして利用すれば，おいしく，冬から初春には貯蔵生イモよりも総ビタミンC量を多く摂取できることが示された．しかし，夏を越えて貯蔵された製品は総ビタミンC量が減少していることに留意する必要がある．

4. 要　約

1) ジャガイモの総ビタミンC量は春イモ 19.3 mg％，秋イモ 18.8 mg％ であったがイモの貯蔵に伴い減少した．貯蔵1～2カ月の間の減少が最も顕著で，2カ月後には収穫時期の半分以下となった．また，総ビタミンCの減少と発芽の間に密接な関連はみられなかった．

2) ジャガイモをスライスして放置すると，ビタミン C (AsA) 量が増大することを，DNP 法，TLC 法，差スペクトル法で明らかにした．総ビタミン C 量および AsA 量は2日後に最大となり，以後減少した．

3) 加熱調理に伴うビタミンC量の変化を経時的に追ってみると，オーブン加熱と電子レンジ加熱では，加熱時間が長くなるにつれて AsA 量が減少した．ゆで加熱と蒸し加熱では，10分以内に AsA 量が顕著に減少し，

以後ほぼ一定の値を示した．最適加熱時間で加熱した後の総ビタミンC残存率を比較すると，電子レンジ加熱が最も高く（96％），ついで蒸し加熱（67％）とオーブン加熱（62％）が高く，ゆで加熱が最も低かった（28％）．

4）イモをオーブンや電子レンジで加熱するさい，1個を丸のままで加熱すると総ビタミンCの残存率は高いが，切断して加熱すると低くなった．

5）市販の冷凍ジャガイモの総ビタミンC量は製品ごとのばらつきが大きく，4 mg％から 18 mg％のものまであった．夏以前に製造され秋まで保存されたものは全般に総ビタミンC量が少なかったが，秋以降に製造され，保存期間が5カ月までのものでは多かった．また，秋から春にかけて貯蔵される場合には生イモよりも冷凍ジャガイモのほうが総ビタミンC量が多かった．

終わりに本実験に協力された後藤はるみ氏に感謝する．なお，本研究の概要は昭和61年度日本家政学会第38回大会において発表した．

引用文献

1）田村太郎，鈴木繁男：農化，**29**，492（1955）
2）藤田秋治，広瀬福子，内田由子：ビタミン，**40**，17（1969）
3）東野哲三，藤田修二：日食工誌，**30**，414（1983）
4）M. Esaka, K. Suzuki and K. Kubota: *Agric. Biol. Chem.*, **49**, 2955 (1985)
5）瓜谷郁三，家近恵子：農化，**27**，688（1953）
6）N. I. Mondy and M. Leja: *J. Food Sci.*, **51**, 355 (1986)
7）久保田紀久枝，桐渕壽子：家政誌，**29**，144（1978）
8）桐渕壽子，川島かほる：家政誌，**30**，217（1979）