低温スチーム調理による植物性食品の成分と食味の変化

山崎貴子・伊藤直子・岩森 大・堀田康雄・村山篤子

(新潟医療福祉大学)

Change in components and tastes of vegetables after low temperature steam cooking

Takako Yamazaki, Naoko Ito, Hajime Iwamori, Yasuo Hotta and Atsuko Murayama

Niigata University of Health and Welfare, 1398, Shimami-cho, Kita-ku, Niigata-shi, Niigata 950-3198

〒950-3198 新潟県新潟市北区島見町 1398

We have investigated the nutritional components (saccharides, vitamin C) and taste of various vegetables after low temperature steam cooking. We also performed a hygienic study of cut vegetables.

Tuber vegetables (sweet potato and potato), fruit vegetables (pumpkin), root vegetables (Japanese radish and carrot), leaf vegetables (*komatsuna*, garland chrysanthemum, spinach and cabbage) and black gram sprout were evaluated in this study.

The saccharides and vitamin C remained more in the samples steamed at a lower temperature compared to boiled samples. In sweet potatoes, the maltose content significantly increased after the low temperature steam cooking. The vitamin C in *komatsuna* and garland chrysanthemum increased in the samples steamed for 10 minutes at 40-50°C. The vitamin C in spinach showed a tendency to increase when the samples were heated for 30 minutes at 50°C. The cut-cabbage and black gram sprout steamed at 50-55°C were sterilized without any decrease in the vitamin C. Although the Japanese radish and carrot steamed at 70°C were as hard as the fresh ones, the penetration of sodium chloride and sucrose was as fast as the boiled ones. A sensory evaluation indicated that low temperature steam cooking produced a good result in the texture profiles.

These results indicated that low temperature steam cooking was a superior vegetable cooking method for better nutrition, freshness, penetration of seasoning fluids and taste.

I. 緒 言

水蒸気を素材に接触させて熱交換する凝縮伝熱法である「蒸し」は、空気の少ない空間で食物に熱伝導が行われ、食品の外部と内部の温度勾配が少なく、安定した温度で均一な加熱ができる調理法である。煮る操作に比べて形が崩れにくく、うまみ成分を閉じ込め、味や香りを保つのに有効な一調理法として古くから広く利用されている。近年は欧州から導入されたスチームコンベクシ

ョンオーブンが日本でもホテルや病院、給食施設など大量調理の厨房で広く利用されており、また家庭用オーブンレンジにもスチーム機能が搭載されるようになった。

加熱温度は美味しさや品質を大きく左右するため、食品の栄養成分や色、風味を損なわずに調理するには、素材により適切な温度で加熱することが重要である。鶏肉では食材を真空包装し、低温で湯煎やスチームコンベクションオーブンにより加熱する真空低温調理による効果がいくつか報告されている¹⁻³⁾。著者らも難食性肉の軟

化を目的に成分・組織・物性面からの研究を行い、低温スチーミング調理の有用性を報告してきた⁴⁻⁶⁾。しかし、植物性食品についてはスチーミングと低温調理を組み合わせた低温スチーミング調理による成分と食味の変化に関する検討はほとんど見られず、わずかに呈味成分および衛生学的な検討^{7,8)}が報告されているにすぎない。本研究では、低温スチーミング調理による植物性食品の成分（特に糖類、ビタミンC）および食味への影響について検討し、有用な結果が得られたので報告する。またカット野菜については衛生面からの検討も行った。

Ⅱ. 方 法

1. 実験材料および加熱条件

実験材料：いも類（さつまいも、じゃがいも）、根菜類（だいこん、にんじん）、果菜類（かぼちゃ）、葉菜類（小松菜、しゅんぎく、ほうれんそう、キャベツ）、もやしを用いた。いずれも新潟市内の大型スーパーマーケットにて購入した。

加熱条件：Table 1に示す。低温スチーミング調理にはAIHO製ソフトスチーマー Ai むーす・ATS-10A型（幅750×奥行520×高さ620mm, 1440W）および東芝製オーブンレンジER-D350（幅500×奥行460×高さ390mm, 電子レンジ消費電力1450W, オープン消費電力1380W）に温度設定可能なスチーム機能をつけた試作機を用い、設定温度に達してから材料を入れ、加熱した。

加熱時の試料の中心温度を熱電対温度計（CUSTOM CT-1200, 島津）にて測定した。

2. 糖類およびビタミンCの測定

糖類は80%（V/V）エタノールで抽出し、HPLCにてグルコース、フルクトース、スクロース、マルトース量を定量した。HPLCはカラムにアミノエチル型カラム（Shodex Asahipak NH2P-504E, ϕ 4.6mm×250mm）

を用い、移動相にアセトニトリル：20mM エタノールアミン（pH9.62）=7:3を使用し、流速1.0ml/min, 40℃で示差屈折計（RID-10A, 島津）にて検出した。

ビタミンCはヒドラジン法⁹⁾にて総ビタミンC量を定量した。

3. 調味料の浸透性および硬さの測定

だいこん、にんじんは材料の5倍の2%塩化ナトリウム液および10%スクロース液に一定時間浸漬し、試料に含まれる塩化ナトリウム濃度とスクロース濃度を測定した。塩化ナトリウム濃度はモール法¹⁰⁾にて、スクロース濃度はHPLCにて測定した。また、生及び70℃スチーミングしたにんじんの薄切切片を1Mシロ糖液中に30分浸漬後、トルイジンブルーOにて染色し、光学顕微鏡にて組織観察を行った。さらに、このときの試料の硬さについて、レオナーRE3305S（山電）にて破断測定した。試料を1cm厚に整え、直径3mmの円柱型プランジャー（No. 4）を用いて速度1mm/sec, 歪率99%で測定した。

4. 官能検査

本学の学生および教員10～13名をパネルとして5段階評価尺度法による嗜好試験を行った。得られた結果を二元配置の分散分析により検定した。

5. 保存による菌数の変化

カットキャベツ、もやしを次亜塩素酸ナトリウムで処理したときと低温スチーミング処理を行ったときの細菌数を測定した。キャベツは外葉、芯を除き、水道水で洗浄後8-10mm幅にカットし、全体をランダムに混ぜたもの、もやしは水道水で洗浄したものを試料とした。スチーミング処理後、室温まで冷却し、ポリエチレンバッグに入れ10℃で保存した。対照として200ppmの次亜塩素酸ナトリウム液に5分浸漬後水道水で洗浄したものをを用いた。菌数は標準寒天培地（ニッスイ）上、24時間後に生育してきたコロニー数とした。

Table 1 Heating methods

Sample	Size	Heating temperature and time
Sweet potato	Φ 3 cm×1.0cm	Steaming 85℃, 15, 30, 45, 60min. Boiling 15, 30min.
Potato	Φ 3 cm×1.5cm	Steaming 90℃, 15, 30, 45, 60min. Boiling 15, 30min.
Pumpkin	1/2cut	Steaming 85℃, 60min. Boiling 15min.
<i>Daikon</i> (Japanese radish)	2 cm round slices → 1/8 cut	Steaming 70℃, 60min. 90℃, 30min. Boiling 30min.
Carrot	2 cm round slices → 1/4 cut	Steaming 70℃, 60min. 90℃, 30min. Boiling 30min.
<i>Komatsuna</i>	1 pack	Steaming 30, 40, 50, 60℃, 10min.
Garland chrysanthemum	1 pack	Steaming 30, 40, 50, 60℃, 10min.
Spinach	1 pack	Steaming 30, 40, 50, 60℃, 10min.
Cabbage	8-10mm cut	Steaming 50, 55, 60℃, 10, 30min.
Black gram sprout	1 pack	Steaming 50, 55, 60℃, 10, 30min.

Fig. 1 Change of saccharides contents in tuber vegetables (sweet potato) during cooking (n=3-6)

Fig. 2 Change of the inside temperature of sweet potato during cooking (n=1)

Ⅲ. 結果および考察

1. 糖類の測定

Fig.1 に加熱方法の違いによるさつまいもの糖量を示す。加熱によりマルトースが増加したが、茹で加熱に比べ、低温スチーミング加熱の方がより増加していた。スチーミング時間による差はみられなかった。さつまいもの甘さは β -アミラーゼによりでんぷんが分解し、マルトースが生成されて糖化することによる。 β -アミラーゼの最適温度は50-55℃であり、いもが糊化するまでゆっくりと時間をかけて加熱したほうがマルトース生成量は増加する¹¹⁾。Fig.2 に低温スチーミング調理したときと茹でたときのさつまいもの中心温度を示す。加熱後10分までの温度上昇の速さは変わなかったが、それ以降では低温スチーミング調理の温度上昇の方が緩やかであった。スチーミング加熱では茹でたときよりも糖類

の流出が抑えられたことに加え、10分以降（内部温度55℃）の加熱上昇が緩やかで、また茹でよりも低温（85℃）での加熱であったため、 β -アミラーゼの活性がより長時間保たれ、マルトースが増加したと考えられる。

Fig.3 にかぼちゃの糖量を示す。フルクトース、グルコースは加熱しても減少は見られず、スクロースでは加熱により減少が見られたが、茹でたものとスチーミングしたものにはほとんど差は見られなかった。マルトースは含まれている量は少ないものの、茹で加熱では減少したが、スチーミング加熱では増加しており、 β -アミラーゼの影響が考えられた。

Fig.4 にだいこんとにんじんの糖量を示す。だいこんにはフルクトースとグルコースが多く含まれ、いずれの糖も加熱により減少したが、茹で加熱に比べ、スチーミング加熱の方が残存率は高かった (Fig.4A)。さらに70℃スチーミングの方が90℃スチーミングよりも損失が少

Fig. 3 Content of saccharides and maltose of the fruit vegetables (pumpkin) after heating

Boiling : Boiled for 15 minutes.

Steaming : Steamed at 85°C for 60 minutes.

Note for the scale. (n=5)

Fig. 4 Content of saccharides of root vegetables after heating

Boiling : Boiled for 30 minutes.

Steaming (70°C) : Steamed at 70°C for 60 minutes.

Steaming (90°C) : Steamed at 90°C for 30 minutes.
(n=3)

なかった。にんじんにはスクロースが多く含まれ、だいこんと同様、茹で加熱よりもスチーミング加熱の方が糖の残存率が高かった (Fig.4B)。

低分子の糖は水に溶けやすく、茹で加熱の場合は茹で汁への流出が多いが、スチーミングでは流失が少ないため残存する糖が多かったと考えられる。また、糖の増加については β -アミラーゼなどの各種酵素の影響が考えられる。さつまいもやじゃがいもでは低温での貯蔵によりスクロースが増加することが報告されており、スクロース-リン酸合成酵素や酸性インベルターゼの関与が示唆されている^{12,13)}。今回の実験ではスクロースの増加は見られなかったが、今後、糖量の変化とアミラーゼやスクロース-リン酸合成酵素をはじめとする各種糖化酵素の関与についてさらに検討したい。

2. ビタミンCの定量

Fig.5 にさつまいもとじゃがいものビタミンC含量を示す。さつまいもとじゃがいもを、それぞれ85°C, 90°Cで加熱し、15分毎に60分までビタミンC含量を測定した。どちらのいもも茹で加熱により急激にビタミンCが減少し、30分で生のときの約1/2になった。一方、低温スチーミングではビタミンCの損失率が少なく、60分の加熱でも茹で30分とほぼ同等かそれ以上のビタミンCの残存が認められた。じゃがいもやさつまいもにはビタミンCが多く含まれ、ビタミンCはデンプン粒に囲まれて存

在するので加熱に対して比較的安定であるが、低温スチーミング調理ではさらに損失が少ないことが示された。

Fig.6 にだいこんとにんじんのビタミンC含量を示す。どちらも茹で30分の加熱で著しくビタミンCが減少したが、スチーミングでは損失が少なかった。同じスチーミング加熱では、70°C 60分よりも90°C 30分の加熱の方がビタミンCの損失は多く、温度の低い方が残存率は高かった。さらに、だいこんでは70°Cのスチーミング加熱によりビタミンCが生よりも増加した。

Fig.7 に葉菜類のビタミンC含量を示す。葉菜類では、一般に加熱により著しくビタミンCが損失する。しかし、30-60°Cの範囲で10分間スチーミング加熱を行ったところ、小松菜では50°C、春菊では40°Cで、生よりビタミンCが増加する傾向にあった (Fig.7A,B)。ほうれんそうでは10分の加熱では40°CまでほとんどビタミンC量は変わらず、50°C以上で著しく減少した (Fig.7C)。しかし、加熱時間を20分にしたところ、ビタミンC量の損失は見られず、30分の加熱では50°Cにおいてわずかに増加した。

Fig.8 にカットキャベツおよびもやしのビタミンC含量を示す。カット野菜やもやしは一般に消毒後に洗浄するため、水溶性のミネラルやビタミンなどが流失する。そこで、カットしたキャベツおよびもやしを低温スチーミング処理したものと次亜塩素酸処理したものについてビタミンC含量を比較した。次亜塩素酸処理したもので

Fig. 5 Change of vitamin C content of tuber vegetables by heating

(n=3-6)

Fig. 6 Change of vitamin C content of root vegetables by heating

Boiling : Boiled for 30 minutes.

Steaming (70°C) : Steamed at 70°C for 60 minutes.

Steaming (90°C) : Steamed at 90°C for 30 minutes.

(n=3-6)

は損失率が高かったのに対し、スチーミング処理したものでは60℃では減少するものの、50℃、55℃のスチーミング処理ではほとんど減少はみられなかった。もやしでは50℃30分、55℃10分のスチーミングでわずかながら生に比べビタミンCが増加する傾向にあった。さらに、保存後5日までのビタミンC量を調べたがほとんど変動は見られなかった。

ビタミンCは水に溶けやすく、また熱により壊れやす

Fig. 7 Content of vitamin C of leaf vegetables steamed in various temperatures

(Fresh sample : n=11, Steamed sample : n=4-5)

いが、低温スチーミングでは通常の茹で加熱に比べ、ビタミンCの残存率が高かった。さらに条件により生よりも増加する傾向にあった。生物は様々なストレスがかかると、生体内で活性酸素やフリーラジカルが生成されるが、ビタミンCはこれらの物質に対して捕捉消去能がある。ビタミンCが増加するメカニズムについては、切断による傷害ストレスや貯蔵の際の低温ストレスによる増加とビタミンC合成酵素、L-ガラクトノラクトンデヒドロゲナーゼ (GLDHase) の関与が報告されている¹⁴⁻¹⁷⁾。今回の結果で、ビタミンCが増加していたものがあったが、低温スチーミングによる加熱では他の加熱法に比べてビタミンCの熱分解が少なかったと同時に、アスコルビン酸オキシダーゼやアスコルビン酸パーオキシダーゼ活性が抑制された可能性、さらには熱ストレスによりビタミンCが積極的に合成された可能性などが考えられる。今後、酸化・合成に関与するアスコルビン酸オキシダーゼや GLDHase の活性も含めて検討する必要がある。

Fig. 8 Vitamin C of cabbage and black gram sprout after cooking

a : Fresh.
 b : Steamed at 50°C for 10 minutes.
 c : Steamed at 50°C for 30 minutes.
 d : Steamed at 55°C for 10 minutes.
 e : Steamed at 55°C for 30 minutes.
 f : Steamed at 60°C for 10 minutes.
 g : Soaked with 200ppm sodium hypochlorite (NaClO) .
 (n=2-4)

3. 調味料の浸透

Fig.9 に加熱後 2% 塩化ナトリウム液または 10% スクロース液に一定時間浸漬したあとのだいこんとにんじんに含まれる塩化ナトリウム、スクロース濃度を示す。

生では両者ともほとんど浸透しなかったのに対し、加熱したものではどれも 3-4 時間の浸漬で試料中の塩化ナトリウムおよびスクロース濃度が顕著に増加し、浸漬時間が長くなるほど多く浸透していた。破断測定の結果 (Fig.10), 茹でや 90°C スチーミングでは加熱後組織がやわらかくなっていたのに対し、70°C スチーミングでは硬さは生とほとんど変わらないか、むしろ硬かった。それにもかかわらず調味料の浸透は、70°C スチーミングのものと、茹でや 90°C スチーミングしたものとはほとんど変わらなかった。その理由を調べるため、細胞膜の機能を調べた。にんじんの薄切切片をスクロース中に浸漬し、原形質分離が起きているかどうかを観察したところ (Fig.11), 生の細胞では細胞膜に浸透圧調節機能があるため原形質分離が見られるが、70°C スチーミングした細胞では原形質分離が見られなかった。このことより、細胞膜はスチーミングによりその選択的透過性が失われ、そのため調味液が組織の中に容易に拡散したと考えられた。

生の野菜の食感を残しながら調味液を浸透させるような漬物やピクルスなどの調製には、70°C の低温スチーミングが有効な加熱法であることが示された。

4. 官能評価

官能評価の結果を Fig.12 に示す。さつまいも (Fig.12A) ではすべての項目でスチーミング加熱したものが茹で加熱したものより、評価が高い傾向であった。硬さ、口触り、甘さ、総合評価においては 30-60 分スチーミングしたものが有意に好まれた。外観では 15 分スチーミングが最も好まれた。じゃがいもの場合 (Fig.12B), 硬さと口触りは 45, 60 分スチーミング、茹で 30 分で評価が高く、スチーミング、茹で共に 15 分加熱のものは好まれなかった。甘さでは有意差は見られなかったものの、45 分スチーミングしたものが好まれる傾向であった。どちらのいもも総合的に 45 分スチーミングしたものが最も好まれた。

かぼちゃは全ての項目で、低温スチーミングしたものが茹で加熱したもの比べ、高く評価される傾向が見られた。特に、硬さ、おいしさ、総合評価では、低温スチーミングしたものが有意に好まれた (Fig.12C)。

55°C 30 分スチーミング加熱したキャベツと生のキャベツを比較した。官能評価に使用するキャベツのスチーミング条件はビタミン C の残存率 (Fig.8), 衛生面^{7,8)}, および予備実験との兼ね合いにより決定した。キャベツでは 55°C で 30 分スチーミングしたものでは、外観を除いた項目で生との差はみられず、よい評価が得られた (Fig.12D)。また、有意差は見られなかったものの、おいしさの項目では若干スチーミングしたものが好まれ、生に比べ甘さを感じられるといった意見があった。

全体的に低温スチーミングしたものは茹でたもの比べ評価が高く、特においしさや甘さが優っていた。これは糖の実験結果とも一致している。

5. 殺菌効果

低温スチーミング処理により、ビタミン C の損失を軽減することができた (Fig.5-8)。しかしカット野菜やもやしでは、組織についた傷から腐敗菌が侵入しやすく、内在性プロテアーゼが活性化されて自己消化しやすくなることから腐敗しやすい。腐敗を防ぐため、これらの野菜では一般に次亜塩素酸により殺菌処理を行っているが、この処理により、野菜中にクロロホルムが生成されることや副生成物であるトリハロメタンが問題となる¹⁸⁾。一方、低温蒸気による殺菌効果が報告されている^{7,8)} ことより、低温スチーミング処理による殺菌効果を調べた。

キャベツおよびもやしの調理後の一般細菌数を Fig.13 に示す。キャベツ、もやしの両方で、次亜塩素酸処理、スチーミング処理直後は未処理の場合より細菌数が少なかった。スチーミング処理では、特に 55°C 30 分、60°C 10 分の処理において殺菌効果が高く、5 日間保存後も細菌数は未処理 0 日目より少なかった。また、50-55°C のスチーミング処理では外観、食感がほとんど損なわれず、保存できる日数が未処理のものに比べ長くなった。これらの結果より、50-55°C の低温スチーミングにより、細菌数の増加が抑えられ、日持ちを向上させることができたといえる。

Fig. 9 Penetration of seasoning fluid

a : Concentration of sucrose of samples soaked in 10% sucrose solution.
b : Concentration of sodium chloride of samples soaked in 2% NaCl solution.
(n=4)

Fig. 10 Rupture energy of root vegetables by heating

Boiling : Boiled for 30 minutes.

Steaming (70°C) : Steamed at 70°C for 60 minutes.

Steaming (90°C) : Steamed at 90°C for 30 minutes.

(n=4)

IV. 要 約

本研究ではいも類、根菜類、果菜類、葉菜類を低温スチーミング調理し、糖およびビタミンCの測定、官能評価、衛生面から検討した。低温スチーミング調理では茹で加熱に比べて糖やビタミンCの残存率が高かった。また葉菜類では40-50℃のスチーミングによりビタミンCが増加した。さらに調味料の浸透性、殺菌効果の面でも効果があることが示され、官能評価でも高い評価が得られた。

以上の結果より、低温スチーミング調理は食材ごとに適切な温度で加熱することで、より栄養・機能性成分を保持し、素材本来の風味を生かすことのできる調理法で

あることが示された。今後はさらに食品の成分変化、特に酵素との関係の解明とこれらの食材の利用によるメニュー開発を検討していきたい。

最後にオープンレンジ型低温スチーミング装置をご提供いただきました東芝家電製造株式会社に深く感謝いたします。

Fig. 11 Difference in cellular membrane between fresh and steamed carrot

A : Fresh.

B : Steamed sample at 70°C.

Arrows indicate plasmolysis.

The scale bar is 20 μ m.

Fig. 12 Rader chart of texture profile for various samples after cooking

*Significant difference at $p < 0.05$

**Significant difference at $p < 0.01$

Fig. 13 Change of colonies of aerobic microorganism in cabbage and black gram sprout days following after steaming

(n=1)

文 献

- 西念幸江, 柴田圭子, 安原安代: 鶏肉の真空調理に関する研究 (第1報) 真空調理と茹で加熱した鶏肉の物性及び食味, 家政誌, **54**, 591-600 (2003)
- 高橋節子, 内藤文子, 佐藤紀, 内藤博, 田中直義, 野口駿: 真空調理法が鶏ささみ肉の物性および食味特性に及ぼす影響, 家政誌, **45**, 123-130 (1994)
- Nishimura, K., Miyamoto, Y., and Higasa, T.: Tenderer Chicken Breasts Vacuum-Cooked at 75°C, *J. Home Econ. Jpn.*, **55**, 605-615 (2004)
- Ito, N., Yamazaki, T., Takaku, A., Hotta, Y., Murayama, A. and Hirayama, I.: Change of nutritional components during low temperature steam cooking, *The Niigata Journal of Health and Welfare*, **3**, 57-61 (2003)
- Yamazaki, T., Ito, N., Takaku, A., Hotta, Y., Murayama, A. and Hirayama, I.: Morphological and histological changes of sweet potato and mino (wall of cattle stomach) during low temperature steam cooking, *The Niigata Journal of Health and Welfare*, **3**, 51-56 (2003)
- Yamazaki, T., Iwamori, H., Ito, N., Hotta, Y., and Murayama, A.: Utilization and characteristics of *nakaniku* using low temperature steam cooking, *J. Cookery Sci. Jpn.*, **39**, 346-353 (2006)
- Kaneko, K., Tsuji, K., Otoguro, C., Kikuchi, S., Sumino, T., Saito, K. and Odake, S.: Change in various ingredients, *Escherichia coli*, taste and texture of blade vegetables as a result of low temperature steam-heating process, *Food Sci. Technol. Res.*, **5**, 145-152 (1999)
- Yaghi, S., Otoguro, C., Sumino, T. and Kaneko, K.: The sterilization effects of the low temperature steam heating process on vegetable, *J. Cookery Sci. Jpn.*, **40**, 383-389 (2007)
- 菅原龍幸, 前川昭男監修: 新食品分析ハンドブック, 建帛社, 東京, p.233-236 (2000)
- 堤忠一: モール法, 食品分析法, 光琳, 東京, p.372-373 (1984)
- 品川弘子, 川添節江, 赤羽ひろ: 調理とサイエンス, 学文社, 東京, p.86 (1993)
- 増田大祐, 福岡信之, 後藤秀幸, 加納恭卓: 収穫後のサツマイモへの低温処理が糖含量ならびに貯蔵性に及ぼす影響, 園学研, **6**, 597-601 (2007)
- Hironaka, K., Ishibashi, K., Koaze, H., Kobayashi, S., Mori, M., Tsuda, S. and Takada, A.: Changes in invertase, sucrose-6-phosphate synthase and UDP-glucose pyrophosphorylase activities, and their relations to reducing sugar content in Japanese processing potato varieties stored at low temperature, *Food presser. Sci.*, **31**, 9-14 (2005)
- 山本淳子, 大羽和子: カット野菜のビタミンC量およびその合成・酸化に関する酵素の活性, 家政誌, **50**, 1015-1020 (1999)
- Oba, K., Fukui, M., Imai, Y., Iriyama, S., and Nogami, K.: L-Galactono- γ -lactone dehydrogenase: partial characterization, induction of activity and role in the synthesis of ascorbic acid in wounded white potato tuber tissue, *Plant Cell Physiol.*, **35**, 473-478 (1994)
- 大羽和子, 山本淳子, 船橋由美, 小原明子, 石井現相, 梅村芳樹: ジャがいも塊茎の生育および冷却貯蔵に伴うビタミンC量およびその合成酵素活性の変化, 日調科誌, **32**, 102-108 (1999)
- 森山三千江, 大羽和子: 莢付き未熟豆の冷却貯蔵にともなうビタミンC量の変化, 家政誌, **52**, 559-565 (2001)
- 日高利夫, 桐ヶ谷忠司, 上条昌彌, 木川寛, 川村太郎, 河内佐十: 次亜塩素酸ナトリウム処理野菜における残留塩素の消失とクロロホルムの生成, 食衛誌, **33**, 267-273 (1992)