

## 低温スチーム技術を利用した高品位食品加工技術

関根正裕\*<sup>1</sup> 常見崇史\*<sup>2</sup> 樋口誠一\*<sup>2</sup> 高橋学\*<sup>2</sup> 山川裕夫\*\*,\*\*<sup>3</sup>

### High quality Food Process by Soft Steaming

SEKINE Masahiro\*<sup>1</sup>, TSUNEMI Takashi\*<sup>2</sup>, HIGUCHI Seiichi\*<sup>2</sup>, TAKAHASHI Manabu\*<sup>2</sup>

YAMAKAWA Hiroo\*\*,\*\*<sup>3</sup>

#### 抄録

100℃以下の湿り飽和空気を用いて調理加熱を行う低温スチーム処理技術による野菜類の物理特性及び機能性成分への影響を調べた。いずれの野菜も貯蔵弾性率は低下したがデンプンを含むジャガイモと含まないもので貯蔵弾性率の低下に差がみられた。トマトの低温スチーム処理においてビタミンAの減少はみられなかった。ジャガイモではビタミンCの減少はないがシソ葉では急減した。加熱条件によりジャガイモの還元糖増加がみられた。以上の結果、成分ごとの熱安定性に加え、共存物質との関係を考慮した低温スチーム条件の設定が高品質な野菜加工に有効なことが示された。

キーワード：低温スチーム，湿り飽和空気，貯蔵弾性率，ビタミン，還元糖

#### 1 はじめに

食品の調理加熱はデンプンや繊維質の可食化や移送・保存目的の殺菌を目的として有史以前から行われた根幹技術であるが、薪の火力しかなかった時代から電子レンジや電磁調理器が普及した現代に至るまで高温処理という基本形態はほとんど変わっていない。しかし、近年の健康志向で注目されるビタミンや酵素などの機能性成分の中には、熱に弱く従来の高温処理では変性分解するものも多い。また、肉や魚の料理では完全に火が通らない方が食感的において好まれる場合もある。これらの要望に応える調理技術として100℃以下の適温の蒸気を利用した低温スチームが開発され<sup>1)</sup>、サツマイモ<sup>2)</sup>、大豆<sup>2)</sup>、牛胃壁<sup>2)</sup>などの調理

加工例が報告されている。100℃以下の蒸気加熱は強制対流式蒸気加熱<sup>4)</sup>や外気導入式蒸気加熱<sup>5)</sup>によっても実現はできるが、低温スチームは伝熱特性の優れた湿り飽和空気を利用している点で異なる。即ち、水と水蒸気の混在した湿り飽和空気内においては、雰囲気温度と食材温度の温度差が小さくとも、食材表面で容易に凝縮が起り、食材に凝縮熱を伝えるため、効率的に正確な加熱制御が行える。その結果、可食化に必要な熱変性のみ起こし、有用成分の損失や組織崩壊の生じない最適加熱条件にて調理加熱を行うことができる。しかし、食材の種類形状、水分状態は様々であり、たとえ同一の成分や組織でも熱変性温度は一定とは限らないため、食材ごとに熱処理条件を設定する必要がある。

そこで低温スチームの最適処理条件設定に必要な技術的資料を得るため、野菜等の組織や機能性成分に対する低温スチーム処理の影響を調べた。

\*<sup>1</sup> 生産技術部

\*<sup>2</sup> 北部研究所 生物工学部

\*\*,\*\*<sup>3</sup> (株) TML,早稲田大学

## 2 実験方法

### 2.1 供試材料

市販のジャガイモ、ニンジン、ダイコン、タマネギ、シソ葉を用いた。形状の整った個体を選択し、5cm□程度の大きさに切り揃えた試料を用いた。

### 2.2 低温スチーム処理

早稲田大学社会システム工学研究所・(株)TML で開発した低温スチーム装置<sup>9)</sup>をもとにさらに当所も加わり共同開発したソフトスチーム<sup>TM</sup>システムを用いた。本装置には湿り度及び温度の調節をスムーズに行うことのできる特殊開口部が設置されており、低温スチーム処理室内を 50 ~ 95 °C の湿り飽和空気の状態に保持する仕組みとなっている。コンピュータから SD カード、USB、インターネット等を介して処理条件の設定し自動処理を行うことも可能であるが、適宜、処理温度を設定し手動動作を行うこともできる。今回の研究では、手動動作で行い、予め処理温度に保持した低温スチーム処理室に試料を入れ、試料中心部がほぼ試料温度に到達してから、所定時間低温スチーム処理を行った。

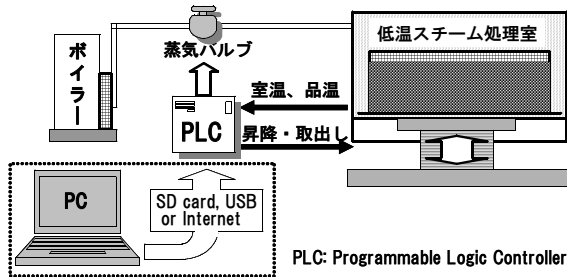


図1 ソフトスチーム<sup>TM</sup>システムの構成

### 2.2 粘弾性測定

低温スチーム処理した試料について、当所で開発した動的粘弾性測定装置 MG-Rheo を用い<sup>7)</sup>、5mmφ 円柱形プランジャーによる圧縮モードにて動的粘弾性測定を行い、貯蔵弾性率 E'及び損失弾性率 E''を得た。

各試料の測定条件を以下に示した。

ジャガイモ：予圧 20g、振動条件 5Hz、50μm

タマネギ：予圧 10g、振動条件 5Hz、50μm

ダイコン、ニンジン：予圧 20g、5Hz、20μm

### 2.3 ビタミンC

ジャガイモ・シソ葉を各 1 g を乳鉢に秤取りし、5 %メタリン酸 20ml と所定量のケイ砂を加えて播粉した後、濾過し、DNPH 法<sup>8)</sup>により総アスコルビン酸量として測定した。

### 2.4 カロテノイド

ホモジナイザー処理したトマト 1g にアセトン/ヘキサン (4:6) 混液を 10mL 加え、振盪抽出した上澄を試料溶液とした。試料溶液の 663nm、645nm、505nm、453nm における吸光度 A<sub>663</sub>、A<sub>645</sub>、A<sub>505</sub>、A<sub>453</sub> を測定し、以下の式<sup>9)</sup>から試料溶液中のカロテノイド濃度を求め、果実中の含有量に換算した。

$$\text{リコピン}(\text{mg}/100\text{mL}) = -0.0458 \times \text{A}_{663} + 0.204 \times \text{A}_{645} + 0.372 \times \text{A}_{505} - 0.0806 \times \text{A}_{453}$$

$$\beta\text{カロチン}(\text{mg}/100\text{mL}) = 0.216 \times \text{A}_{663} - 1.22 \times \text{A}_{645} - 0.304 \times \text{A}_{505} + 0.452 \times \text{A}_{453}$$

### 2.5 還元糖

ジャガイモ 1g に適量の水を加えて家庭用ミキサーにて粉碎した後、乳鉢に秤取りし、所定量のケイ砂及び水を加え乳鉢中で播砕、濾過した濾液をメスアップした試料溶液を Somogyi-Nelson 法<sup>10)</sup>により測定し、グルコース換算量で表した。

## 3 結果と考察

### 3.1 物性に対する低温スチーム処理の影響

低温スチーム処理した野菜類の粘弾性を図2に示した。生の状態では極端に硬く測定できなかったジャガイモを除くといずれも加熱温度の上昇にともない貯蔵弾性率 E'が低下した。損失弾性率 E''も低下したが、元もと E'に較べて小さく、主に構造特性を反映する E'の変化に処理の影響が強く表れることが分かった。

図2 (A)に示したジャガイモの場合、粒状結晶状態のデンプンを 80% (乾燥時) 含み、生の状態では細胞内に点在しているだけであるが、80 °C付近で糊化によりデンプン粒は大きく膨潤しジャガイモの物性に強く影響するようになり、より

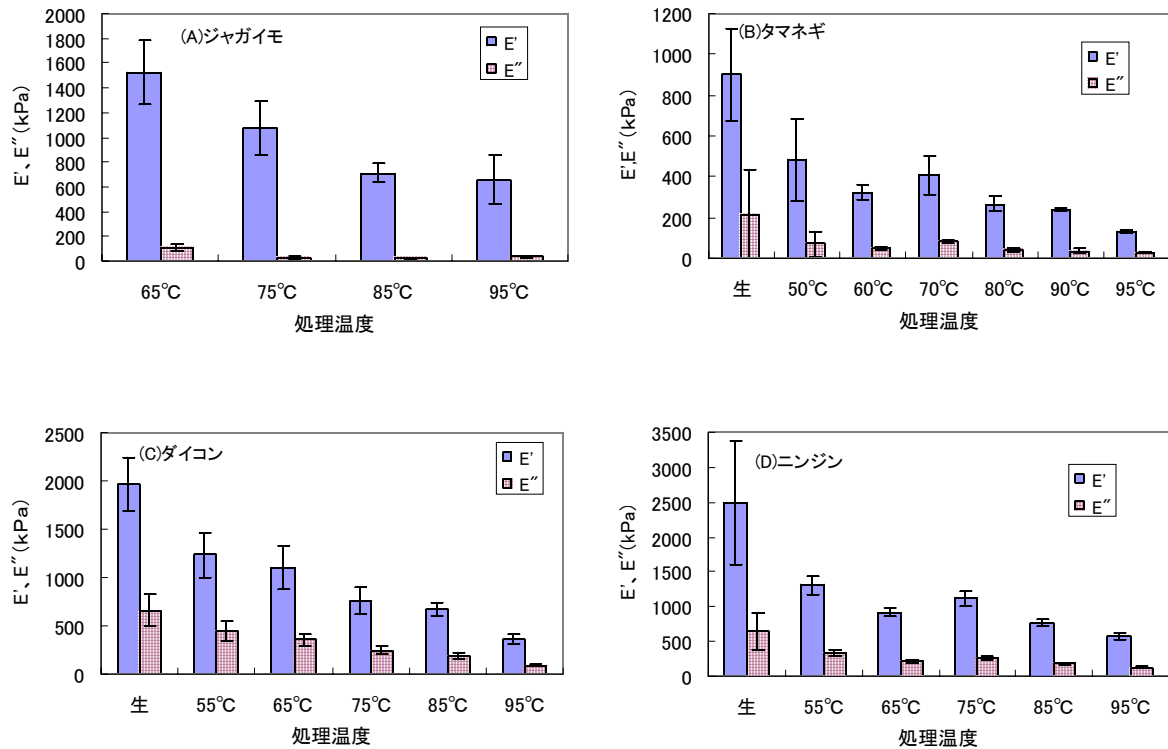


図2 低温処理した野菜類の粘弾性

いずれも処理時間 15 分、E'、E''は貯蔵弾性率、損失弾性率を表す

高温になると粒状構造がゆるんで軟化する<sup>11)</sup>。ジャガイモの E'の低下はこの影響とみられる。

他の野菜類にデンプンはなく、細胞単位ごとに  $\alpha$ -セルロース、ヘミセルロース、ペクチンなどの繊維質により形成された細胞壁<sup>12)</sup>が構造強度に影響する。 $\alpha$ -セルロースとヘミセルロースは非水溶性であるが、ペクチンは水溶性のため、加熱により細胞壁から脱離し細胞壁強度を低下させたと考えられる。これらの物性は生から処理温度 95℃まで順次低下したが、95℃でも完全には低下しないジャガイモとは若干異なる傾向を示した。

以上の結果から、デンプン及び繊維質が野菜類の物性に影響し、これらの変性温度が最適加熱条件を設定する際の判断材料になると考えられた。

### 3.2 機能性成分に対する低温スチーム処理の影響

低温処理したジャガイモ及びシソ葉のビタミン C 含有量を図 3 に示した。ジャガイモのビタミン C に減少は見られなかったが、シソ葉では急減した。通常ビタミン C は熱に弱いものとされ、生食

の野菜や果物から摂取されることが多かったが、ジャガイモでは熱損失がほとんどない結果となった。ジャガイモとシソ葉の違いはデンプンであり、高分子化し構造化した多糖がビタミン C の安定性に寄与した可能性がある。ビタミン C に着目して熱処理条件を検討する際には共存物質との関係も考慮する必要のあることが分かった。

低温処理したトマトに含まれるビタミン A 関連物質を図 4 に示した。リコピンはビタミン A としての活性は持たないが強い抗酸化力を有し、 $\beta$ カロチンは吸収されるとビタミン A に変化する前駆体である。 $\beta$ カロチンは低温スチーム処理では変化せず、リコピンはむしろ増加の傾向もみられた。これらの物質が加熱で増加することは考えにくく、おそらく測定を阻害する因子が減少したのではないかと推察される。いずれにしろビタミン A 群には加熱の影響は少なく、低温スチームにおける加熱条件の設定でそれほど考慮する必要はないと思われる。

低温処理したジャガイモ中の還元糖を図 5 に示した 75℃処理のジャガイモには明らかな還元糖

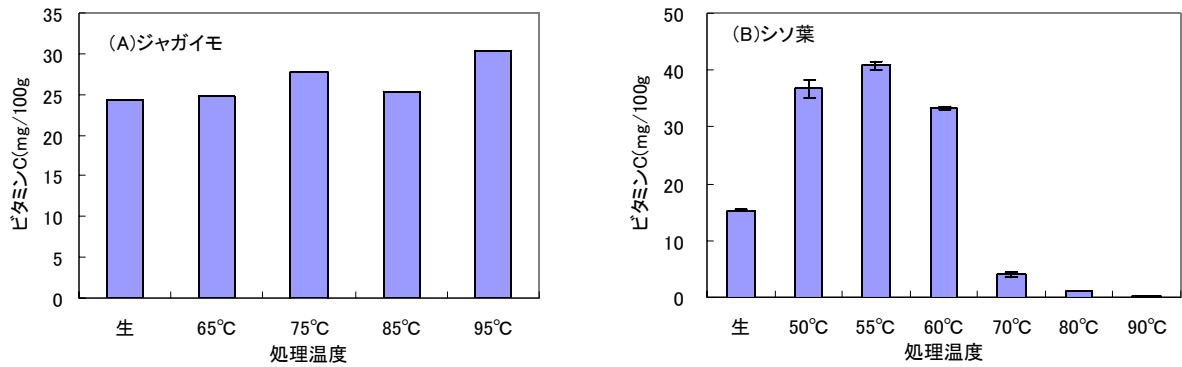


図3 低温処理した野菜類のビタミンC  
処理時間はジャガイモ15分、シソ葉10分

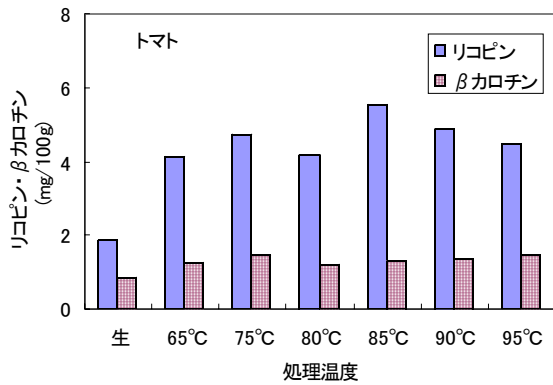


図4 低温処理したトマトのビタミンA群  
処理時間は10分

の増加がみられた。これはデンプンの糖化により還元糖が生成したものであるが、ジャガイモのデンプンは70°Cで糊化するため、この温度では失活しないアミラーゼが存在し作用したものと推定される。

#### 4 まとめ

100°C以下の湿り飽和空気を用いた低温スチーム処理による野菜類の物理特性及び機能性成分への影響を調べた。

(1) 低温スチーム処理によりいずれの野菜も貯蔵弾性率は低下したが、デンプンを含むジャガイモと含まないものでは変化に差がみられた。

(2) ビタミンAには低温スチーム処理による減少がみられなかった。ジャガイモのビタミンCに減少はなかったがシソ葉では急減した。

(3) 加熱条件によってジャガイモの還元糖は増

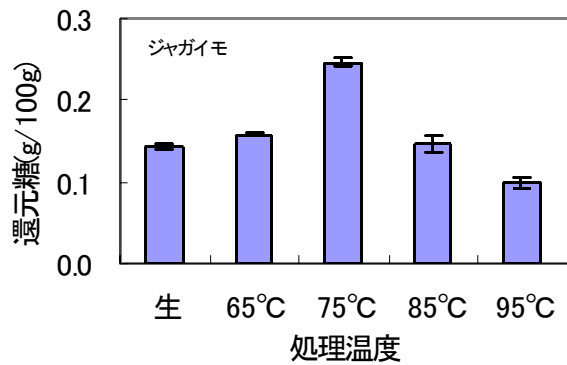


図5 低温処理したジャガイモの還元糖  
処理時間は15分

加した。

以上の結果から、成分ごとの熱安定性に加え、共存物質との関係を考慮した最適な低温スチーム条件を設定することが高品質な野菜の加工に有効なことが示された。

#### 謝辞

本研究を進めるに当たり、客員研究員として御指導いただきました東京大学の空閑教授に感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) 平山 一政：低温スチーム調理技術の進展，調理食品と技術，**6**，3(2000) 108
- 2) Ito N., Yamazaki T., Takaku A., Hotta Y., Murayama A., Hirayama I. : Change of Nutritional Components during Low Temperature Steam

Cooking,, **3**, 1(1984)57

- 3) 伊藤直子, 山崎貴子, 堀田康雄, 村山篤子:  
大豆の低温スチーミング調理における成分および食味の変動について, 大豆たん白質研究, **3**, 8  
(2005)44
- 4) 山田晶子, 杉山智美, 渋川祥子: スチームコンベクションオーブンの加熱特性, 日本家政学会誌, **53**, 4(2002)331
- 5) 前原直芳, 米野範幸, 待寺知子: 加熱調理装置, 特開平7-293889
- 6) (株)TML, 平山一政: 低温度で飽和蒸気を発生させる方法及びその装置, 特開 2005-69550
- 7) 関根正裕: 食品に向けた普及型動的粘弾性測定装置, 食品と技術, 425(2006)9
- 8) 株)シマ研究所: 品番 ROIK02 ビタミン C 定量キット (DNPH 法) 解説書
- 9) 永田雅靖, 山下市二: トマト果実に含まれるクロロフィルおよびカロテノイドの同時、簡便定量法, 日本食品工業学会誌, **39**, (1992)925
- 10) 中村道徳, 貝沼圭二: 生物化学実験法 19 澱粉・関連糖質実験法, 学会出版センター, (1998)41
- 11) 関根正裕: キサンタンガム水溶液中におけるデンプン糊化挙動の動的粘弾性測定, 日本食品工業学会誌, **43**, (1992)683
- 12) 真部孝明: ペクチンその化学と食品のテクスチャー, 幸書房, (2001)3