

# 低温スチーミング加熱がブロッコリーと赤パプリカの アスコルビン酸含量におよぼす影響 －スチームコンベクションオープン加熱とマルチスチーマー加熱の比較－

後藤 昌弘<sup>1</sup>、岩田恵美子<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> 神戸女子大学 家政学部 管理栄養士養成課程

<sup>2</sup> 現在, 畿央大学 健康科学部 健康栄養学科

## Influence of Low-Temperature Steam-Cooking for Ascorbic Acid Contents of Broccolis and Red Paprika.

### - Comparison of Steam Convection Heating and Multi-Steamer Heating. -

Masahiro GOTO<sup>1</sup>, Emiko IWATA<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Home Economics, Kobe Women's University

<sup>2</sup> Faculty of Health Sciences, Kio University

#### 要 約

ブロッコリー, パプリカをマルチスチーマー, スチームコンベクションオープンを用いて加熱し, アスコルビン酸含量の加熱温度, 加熱時間での変化と両加熱機器のちがいについて検討した。アスコルビン酸含量は, ブロッコリーでは, マルチスチーマーおよびスチームコンベクションオープンの80℃, 100℃加熱5分において, 加熱前と比べて著しく増加した。パプリカでは, 加熱前と比べてマルチスチーマー60℃加熱10分で増加, 80℃, 100℃加熱15分では加熱前より減少した。

マルチスチーマーとスチームコンベクションオープンの昇温速度には差がなかった。また, アスコルビン酸含量についても調理機器間で有意な差は認められなかった。

キーワード: スチームコンベクションオープン, マルチスチーマー, 低温スチーミング, アスコルビン酸

#### 緒 言

調理温度がおいしさや品質を左右することが認識され, 蒸し加熱では, 蒸気量を調節すれば, 100℃以下の温度を保って加熱することも可能である<sup>1)</sup>。近年, スチームコンベクションオープンの普及<sup>2,3)</sup>により, この蒸し加熱(スチーミング)と低温調理(100℃以下の温度で調理する)を組み合わせた低温スチーミング<sup>4)</sup>が, 利用されるようになってきた。

野菜, 果物類に多く含まれるアスコルビン酸は, 水溶性であるため, 調理中に溶出するだけでなく, 加熱すると酸化されやすいが, 蒸し加熱を行った野菜のアスコルビン酸の残存率は高い<sup>5)</sup>とされている。また, 青果物におけるアスコルビン酸は酵素や温度の影響により変化しやすいことから鮮

度の指標の一つとして利用されている<sup>6)</sup>。一方, 低温スチーミングでは, 食味の変化や野菜類での栄養成分の増加<sup>7-10)</sup>などが報告されているものの, 詳細については不明な点が多い。

そこで, 本研究では, 低温スチーミング加熱の特性を明らかにすることを目的に, アスコルビン酸含量の変化を指標として, まず, 栄養成分と加熱温度や加熱機器がどのように関係するかを野菜類の中でも含量が高いブロッコリーおよびパプリカを試料として調査を行なった。

## 材料および方法

### 材料:

ブロッコリー (*Brassica oleracea* var. *italica*) (香川県産, 品種不明), 赤パプリカ (*Capsicum annuum* cv. *grossum*) (島根県産, 品種不明) は神戸市内の仲卸業者から購入した。

### 方法:

ブロッコリー13個体から小房 (10~15g程度) を切り出して混合し, その中から3個ずつの小房をランダムに取り出し, 各加熱温度, 各時間の分析試料とした。加熱には, スチームコンベクションオープン (SCOS-4RS, ニチワ電機, 兵庫, 以降スチコンと省略) のスチームモードとマルチスチーマー (MS-306-B4, 直本工業, 大阪, 以降スチーマーと省略) を用い, 加熱温度60℃, 80℃, 100℃で, それぞれ0, 5, 10, 15, 20分加熱を行った。また, 加熱中の品温を熱電対デジタル温度計 (SK-1250MC, 佐藤計量器, 東京) で測定した。

赤パプリカ12個を用い, 1個を24等分にした切片 (1切片10g程度) を調製し, すべてを混合し, その中から8本をランダムに取り出し, 各温度区, 各時間の分析試料とした。同様にスチコンおよびスチーマーを用いて60℃, 80℃, 100℃でそれ

ぞれ0, 5, 10, 15分加熱と加熱中の品温の測定を行った。

加熱前 (生) 試料または加熱試料を細かく刻み, 10gを秤量し, 冷却したイオン交換水40mLを加え, 氷冷下でホモジナイザー (A-8, 日本精機, 東京) を用いて磨碎し, 吸引ろ過して, ろ液を得た。残渣に水を加え, 同様の操作を2回繰り返して, これらのろ液を併せて定容し, アスコルビン酸抽出液とした。この抽出液を各時間につき3試料用意し, 分析に供した。アスコルビン酸含量は, 小型反射式光度計 (RQ フレックスplus10, メルク, ドイツ・ダルムシュタット) と, その専用試験紙であるアスコルビン酸テスト (メルク, 測定レンジ25~450mg/L) を用いて測定した。

統計処理は, エクセル統計 (社会情報サービス, 東京) を用い, 有意水準は5%としてTukeyの多重検定を行なった。

## 結果

### 1. ブロッコリー

#### (1) 加熱機器による温度変化の比較

品温が所定温度に達する時間は, スチーマー, スチコンとも60℃加熱では, 約8分 (図1), 80℃加熱では, 約6分 (図2), 100℃加熱では, 約5分 (図3) で, 機器による昇温速度の差は認められなかった。

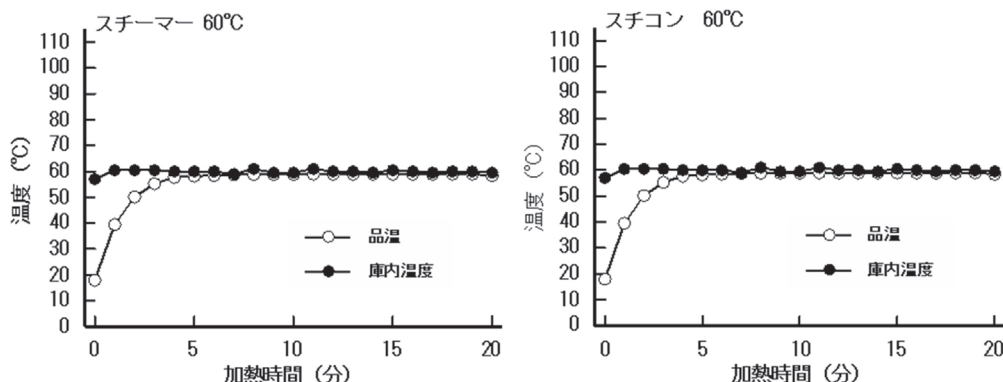


図1 スチーマーおよびスチコンを用いたブロッコリー60℃加熱中の温度変化  
スチーマー: マルチスチーマー, スチコン: スチームコンベクションオープン, n=1

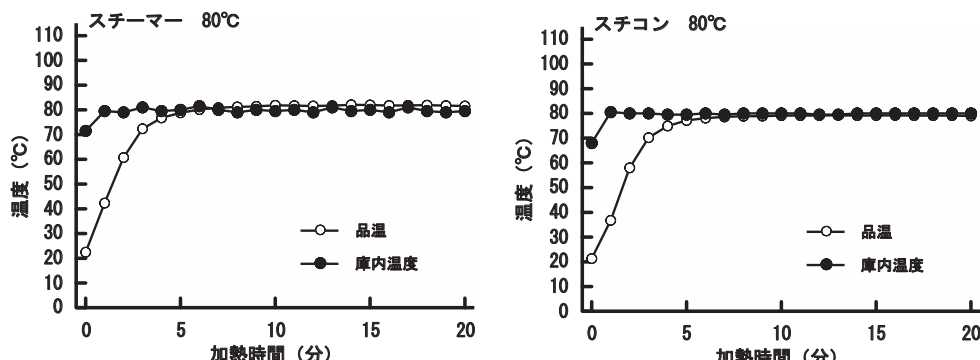


図2 スチーマーおよびスチコンを用いたブロッコリー80℃加熱中の温度変化  
スチーマー: マルチスチーマー, スチコン: スチームコンベクションオープン, n=1

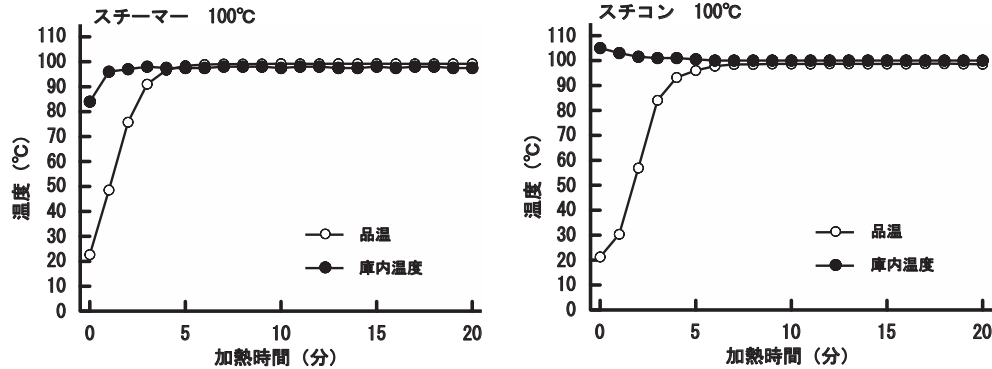


図3 スチーマーおよびスチコンを用いたブロッコリー100℃加熱中の温度変化  
スチーマー：マルチスチーマー，スチコン：スチームコンベクションオープン，n=1

## (2)加熱温度と時間がアスコルビン酸含量の変化におよぼす影響

60℃加熱では、スチーマー加熱，スチコン加熱ともに生（加熱0分）と比較すると加熱5分でアスコルビン酸の有意な減少がみられた（図4）。その後，スチーマー加熱では有意な減少は認められず5分とほぼ同様の数値であった。一方，スチコン加熱では10，15，20分においてLo表示となり，値を得ることができなかった。これは本実験で用いたRQフレックス，アスコルビン酸テストの測定可能範囲が25～450mg/Lで，測定値以下の場合Lo（LOW）と表示され測定不能となるためである。

80℃加熱では，スチーマー加熱，スチコン加熱とも，加熱5分で有意に著しく増加し，その後も生よりも高いレベルを保持していた（図5）。

100℃の加熱でも，スチーマー加熱，スチコン加熱とも加

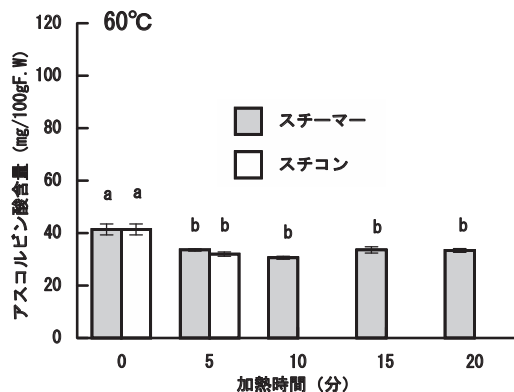


図4 ブロッコリー60℃加熱におけるアスコルビン酸含量の変化と機器の比較

スチーマー：マルチスチーマー，スチコン：スチームコンベクションオープン，n=3，バーは標準偏差

\* 同一加熱機器間で異なるアルファベット間に有意差あり（ $p<0.05$ ），ただし，スチコン加熱5分以降は検出限界以下のため測定できず

熱5分で著しく増加し，加熱10分まではそのレベルを保持し，15分以降は減少傾向となった（図6）。しかし，スチーマー加熱では生よりは高いレベルであった。なお，60℃5分および80℃，100℃加熱では，どの加熱時間においても，ス

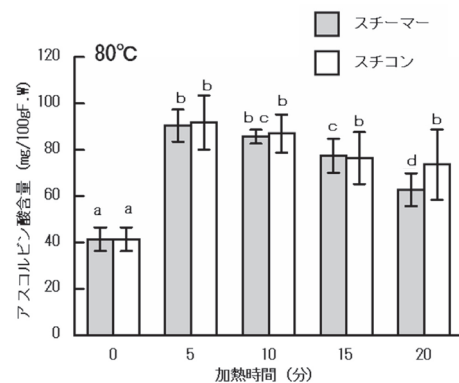


図5 ブロッコリー80℃加熱におけるアスコルビン酸含量の変化と機器の比較

スチーマー：マルチスチーマー，スチコン：スチームコンベクションオープン，n=3，バーは標準偏差

\* 同一加熱機器間で異なるアルファベット間に有意差あり（ $p<0.05$ ）

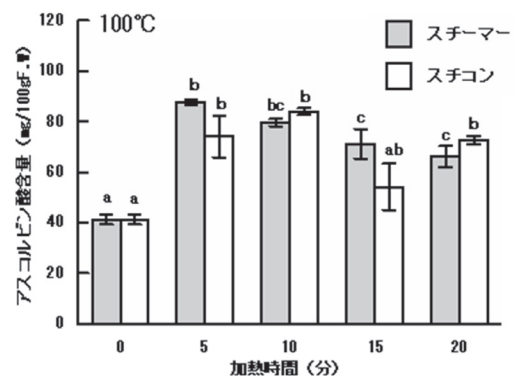


図6 ブロッコリー100℃加熱におけるアスコルビン酸含量の変化と機器の比較

スチーマー：マルチスチーマー，スチコン：スチームコンベクションオープン，n=3，バーは標準偏差

\* 同一加熱機器間で異なるアルファベット間に有意差あり（ $p<0.05$ ）

チーマー加熱とスチコン加熱の間では有意な差は認められなかった。

## 2. 赤パプリカ

### 1) 加熱機器による温度変化の比較

品温が設定温度に達するまでの時間は、60℃加熱ではスチーマー、スチコンともに約4分（図7）、80℃加熱でもスチーマー、スチコンともに約4分（図8）とほぼ同じであった。100℃加熱ではスチーマーとスチコンとも品温は100℃には

ならず最高で99℃、この温度に達する時間はスチーマー、スチコンとも約4分であった（図9）。

### 2) 加熱温度と時間がアスコルビン酸含量の変化におよぼす影響

60℃加熱のスチーマー加熱では、生と比較すると加熱10分で有意に増加したが、その後に変化は見られなかった（図10）。スチコン加熱では、15分の加熱時間では増減ともなく、有意な差はなかった。80℃および100℃加熱では、

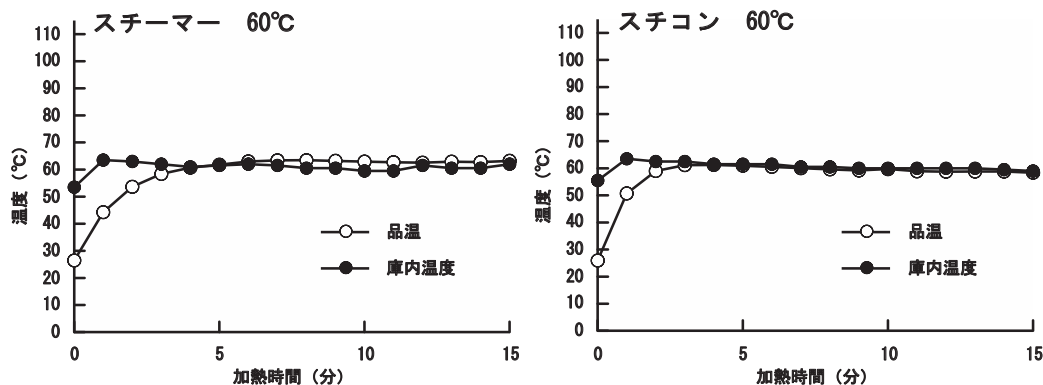


図7 スチーマーおよびスチコンを用いた赤パプリカ60℃加熱中の温度変化  
スチーマー：マルチスチーマー，スチコン：スチームコンベクションオープン，n=1

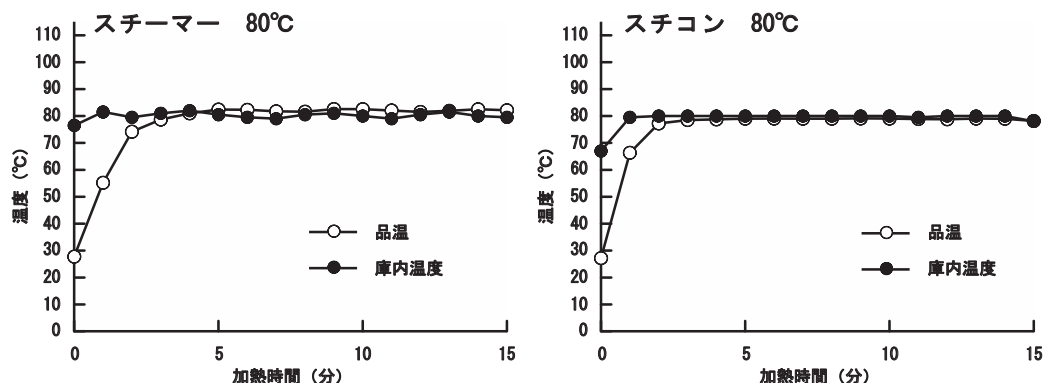


図8 スチーマーおよびスチコンを用いた赤パプリカ80℃加熱中の温度変化  
スチーマー：マルチスチーマー，スチコン：スチームコンベクションオープン，n=1

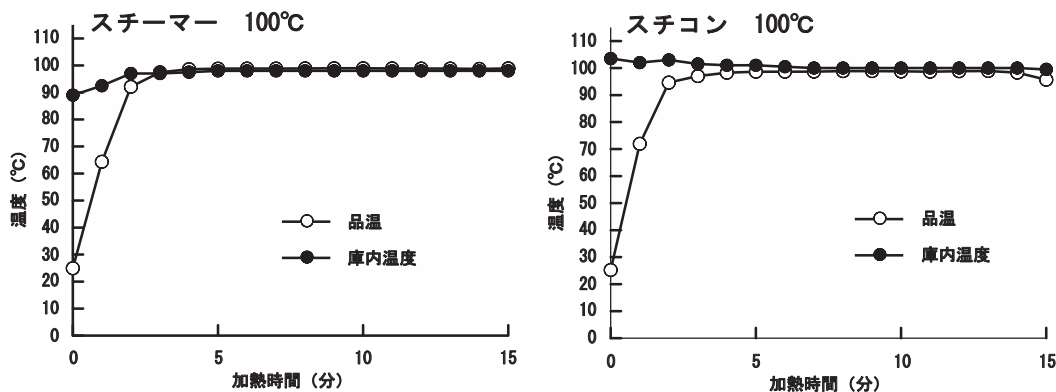


図9 スチーマーおよびスチコンを用いた赤パプリカ100℃加熱中の温度変化  
スチーマー：マルチスチーマー，スチコン：スチームコンベクションオープン，n=1

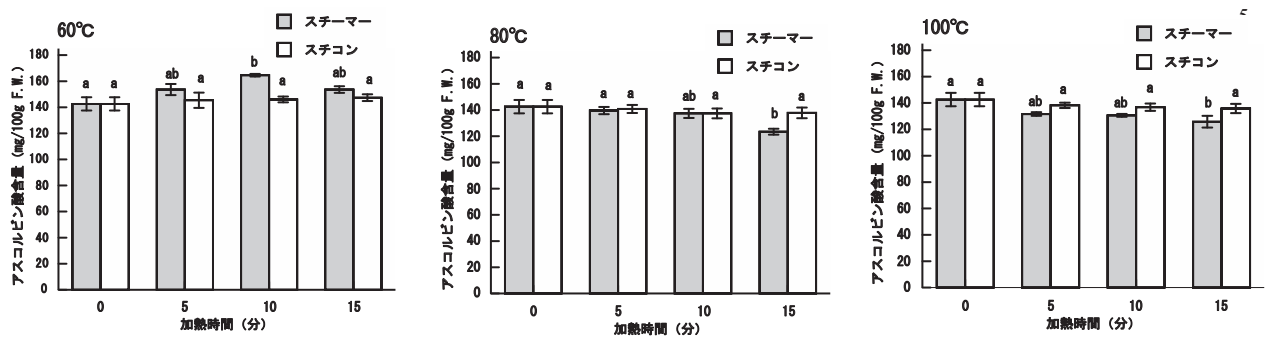


図10 赤パプリカの加熱温度によるアスコルビン酸含量の変化と機器の比較

スチーマー：マルチスチーマー、スチコン：スチームコンベクションオープン、n=3、バーは標準偏差

\* 同一温度の同一加熱機器間で異なるアルファベット間に有意差あり ( $p < 0.05$ )

生と比較するとスチーマー加熱15分で有意に減少していたが、スチコン加熱では加熱時間中の有意な増減は認められなかった(図10)。また、いずれの温度、加熱時間においてもスチーマー加熱とスチコン加熱の間に有意な差は認められなかった。

## 考察

品温が設定した温度に達するまでの時間は、ブロッコリーではスチーマー、スチコンとも60℃で約8分、80℃で約6分、100℃で5分であった。また、赤パプリカではスチーマー、スチコンとも60℃で4分、80℃で4分、100℃で約4分となった。パプリカよりもブロッコリーで時間がかかっているのは、短冊状と房状という形状のちがいと試料の厚さや植物組織の密度によると推察された。一方、いずれの野菜でもスチーマーとスチコンの昇温速度には大きな差はなく、機器のちがいは認められなかった。しかしながら、ブロッコリーのスチコン60℃加熱では、加熱5分以降のアスコルビン酸含量はLo表示となり、測定限界値以下となったことからスチーマー加熱よりも低値であったことやパプリカの60℃スチーマー加熱10分で増加、80℃、100℃加熱15分で減少したことから、昇温速度以外の要因も考えられ、今後さらに検討する必要があると考えられた。

アスコルビン酸含量は、ブロッコリーの80℃、100℃では加熱5分で急増し、その後も生よりは高いレベルを保持していた。いずれの温度でも重量減少率は約1から5%程度で小さく、80℃および100℃でのアスコルビン酸の増加は脱水による濃縮とは考えにくい。ブロッコリー60℃加熱では加熱に伴いアスコルビン酸含量は減少したが、80℃や100℃加熱では、加熱初期にアスコルビン酸の増加が認められたことから、60℃加熱と80℃、100℃加熱ではアスコルビン酸の合成

と分解に関する酵素の温度感受性が異なり、80℃、100℃加熱では熱ストレスによりアスコルビン酸の合成が促進される可能性が示唆された。また、本実験では官能検査を実施していないが、80℃および100℃加熱5分では、生に近い色、味、硬さを保持しており、サラダなどで生食する前提で考えれば、アスコルビン酸含量を高めた状態で使用することも可能であると考えられた。

一方、パプリカでは、スチーマー60℃加熱10分で増加、80℃および100℃加熱15分での減少はみられたものの、60℃での減少や80、100℃での急増は認められなかった。

アスコルビン酸は植物には普遍的に存在しているが、その生理的意義については明らかでない部分が多い<sup>11)</sup>。しかし、ホウレンソウの葉緑体では光合成で生じる活性酸素がアスコルビン酸オキシダーゼの作用下でアスコルビン酸によって消去され、生体を活性酸素の毒性から保護している<sup>12)</sup>ことや切断されたピーマン果実ではアスコルビン酸が生合成され総アスコルビン酸が増加すること<sup>13)</sup>など外部から受けるストレスとアスコルビン酸含量には何らかの関係があると考えられる。また、野菜に含まれるアスコルビン酸は、厳しい環境ストレス下に置かれることでそれに対抗するために酵素の働きを活性化して増加する<sup>8)</sup>と報告されている。葉菜類では一般に加熱により著しくアスコルビン酸は損失すると言われているが、山崎らは、小松菜では50℃、春菊では40℃の低温スチーミング加熱による熱ストレスで生よりアスコルビン酸が増加傾向である<sup>9)</sup>と報告している。これらのことから、ブロッコリーでのアスコルビン酸の増加は熱ストレスの影響によると推察される。

本研究ではアスコルビン酸含量が高い野菜として、試料にブロッコリーと赤パプリカを用いたが、植物種や部位が異なることから、温度感受性が異なることが考えられる。ま

た、山崎らの報告<sup>8)</sup>とは温度は異なるが、小松菜と同じアブラナ科植物 (*Brassicaceae*) のブロッコリーでアスコルビン酸の増加があったことから、アブラナ科特有の現象とも考えられ、今後さらに植物種や部位を考慮した調査が必要である。

## 謝 辞

分析実験に協力いただいた尾崎七海さん、松本玲奈さんに深謝する。

## 利益相反

本研究における利益相反は存在しない。

## 文献

- 1) 渋谷祥子, 杉山久仁子:新訂 調理科学—その理論と実際—, 27-28, 同文書院, 東京 (2005)
- 2) 山田晶子, 杉山智美, 渋谷祥子: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, 331-337 (2002)
- 3) 村元美代, 安部恵, 板垣千尋, 大友佳織:調理におけるスチームコンベクションオープンの特徴, 修紅短期大学紀要, 28, 89-95 (2007)
- 4) 平山一政:低温スチーミング, 日本調理科学会誌, 30, 75-80 (1997)
- 5) 渋谷祥子, 杉山久仁子:新訂 調理科学—その理論と実際—, 156-159, 同文書院, 東京 (2005)
- 6) 山内直樹, 今堀義洋編:園芸利用学, 159-170, 文永堂出版, 東京 (2021)
- 7) 山崎貴子, 伊藤直子, 大島一郎, 岩森大, 堀田康雄, 村山篤子:マイタケ抽出液と低温スチーミング調理併用による食肉軟化について, 日本調理科学会誌, 41, 176-183 (2008)
- 8) 山崎貴子, 伊藤直子, 岩森大, 堀田康雄, 村山篤子:低温スチーミング調理による植物性食品の成分と食味の変化, 日本食生活学会誌, 19, 193-201 (2008)
- 9) 村山篤子, 古田和浩, 金子慶子, 田中照也, 伊藤直子, 山崎貴子, 岩森大, 堀田康雄:低温スチーミングによる春菊およびほうれん草のビタミンC増加効果, 日本調理科学会大会平成19年度大会研究発表要旨集, 92 (2007)
- 10) 関根正裕, 常見崇史, 樋口誠一, 高橋学, 山川裕夫:低温スチーム技術を利用した高品位食品加工技術, 埼玉県産業技術総合センター研究報告, 6, 78-82 (2008)
- 11) 今堀義洋, 周燕飛, 上田悦範, 茶珍和雄:ピーマン果実の成熟中のアスコルビン酸代謝, 園芸学雑誌, 67, 798-804 (1998)
- 12) 浅田浩二:葉緑体での活性酸素の生成と消去の分子機構, 日本農芸化学会誌, 67, 1255-1263 (1993)
- 13) 今堀義洋, 周燕飛, 上田悦範, 阿部一博, 茶珍和雄:切断傷害によるストレスがピーマン果実のアスコルビン酸代謝に及ぼす影響, 園芸学会雑誌, 66, 175-183 (1997)