

# 過熱水蒸気オーブンとスチームコンベクションオーブンを用いた 豚肉の加熱調理特性の比較

後藤 昌弘<sup>1</sup>、岩田恵美子<sup>1,2</sup>、大石 恭子<sup>1</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

## Comparison of Cooking Characteristics of Pork Using a Superheated Steam Oven and a Steam Convection Oven

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

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

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

### 要 約

豚ロース肉を過熱水蒸気オーブン (SHS) とスチームコンベクションオーブン (SC) を用いて200℃および250℃で加熱したところ, いずれの温度でもSHS加熱はSC加熱に比べ, およそ半分の加熱時間で, 中心温度を75℃まで上昇をさせることができた。

官能評価は, 「脂身なし」試料の「色合い」で200℃のSC加熱がSHS加熱よりも有意に好まれた。「硬さ」は, 250℃のSHS加熱がSC加熱よりも有意に好まれた。また, 200℃のSHS加熱が250℃のSC加熱よりも有意に好まれた。しかし, それ以外の項目では有意な差は認められなかった。「脂身あり」試料の「総合評価」では250℃のSHS加熱が, SC加熱よりも有意に好まれた。「脂っこさ」では200℃のSC加熱が有意に脂っこいと評価された。これらのことから, SHS加熱は, SC加熱と比べ, 調理時間が短縮でき, 脱油効果が大きく, 肉の脂っこさを低下させ, 軟らかくする可能性が示唆された。

キーワード: 過熱水蒸気オーブン, スチームコンベクションオーブン, 官能検査, 順位法

### I. 緒 言

100℃で蒸発した飽和水蒸気を, 常圧のままさらに高温度に加熱した無色透明のH<sub>2</sub>Oガスが過熱水蒸気である<sup>1, 2)</sup>。過熱水蒸気については, 1912年の「Drying by means of Air and Steam」, つまり空気と水蒸気による乾燥機能として「Over heated water」の原理が示されており, 100年以上前に発見されたエネルギーである<sup>1)</sup>が, 近年は, 工業的に食品の殺菌乾燥を含めた熱処理や廃棄物処理, 木材の熱処理など様々な用途に利用されている<sup>2)</sup>。また, 空気よりも8倍近い熱量があり, 食品などの加熱調理にも利用できる<sup>1)</sup>ことから, オーブンに組み込まれた機能とし

て多くの機器が市販されるようになってきている。

一方, スチームコンベクションオーブンはオーブン機能にスチーム噴射機能を追加し, 温度コントロールを行えるようにした複合調理器で, 蒸し加熱とオーブン加熱という二つの全く異なる加熱法をあわせもっている<sup>3)</sup>。

過熱水蒸気オーブンとスチームコンベクションオーブンは類似した点も多いが, それぞれの調理特性を実験的に比較した実験的データはほとんどない。

そこで本研究では, 豚肉の加熱調理において過熱水蒸気オーブンとスチームコンベクションオーブンをを用い, 食味や成分, 物性などを比較することによりその特性を明らかに

することを試みた。

## II. 材料および方法

**材料:** 豚肉は市内小売店より購入した「豚ロース」を塊で購入し、厚さ1cmに切った後、1片を25-30gに整形して用いた。この際、上部にある脂身をすべて切除したものを「脂身なし」、上部に脂身が1cm程度ついたままのものを「脂身あり」とした。

### 方法:

#### 1) 加熱条件

加熱には過熱水蒸気オープン (QF-5200C, 直本工業, 大阪) およびスチームコンベクションオープン (SCOS-4RS, ニチワ電気, 兵庫) を用いた。両者とも、庫内温度を200℃と250℃に設定し、中心温度が75℃となるまで加熱を行った。中心温度および庫内温度の測定にはポータブルマルチロガー (ZR-RX40, オムロン, 東京) を用いた。なお、スチームコンベクションオープンは、いずれの温度もコンベクションモード、蒸気量90とした。

#### 2) 脂質含量

豚肉に含まれる脂質含量はFolch法<sup>4)</sup>により求めた。加熱時に落ちる脱油量の測定は、杉山ら<sup>5)</sup>と中本らの方法<sup>6)</sup>を参考に、不織布を三つ折りにしてアルミホイルの上にのせた吸着布を作成 (重量既知) し、加熱試料を置いた金網の下に置いて所定時間加熱を行ない、落下した油分を吸着させた。対照として、試料のない金網の下にも同様に置いて加熱を行なった。加熱終了後、100℃の送風乾燥機で一夜乾燥させた後、重量を測定し、両者の差を脱油量とした。

#### 3) 官能検査による評価

金らの報告<sup>7)</sup>を参考に、調理した豚肉を試料とし、順位法により評価を行った。色あい、硬さ、多汁性 (ジューシー感)、総合評価の4項目については最も好ましいものから順に1~4位の順位をつける嗜好検査<sup>8)</sup>、脂っこさについては最も濃い方から同様に順位をつける識別検査<sup>8)</sup>とした。パネルは神戸女子大学4回生及び教員13名 (脂身なし試料) および18名 (脂身あり試料) で、検査実験の趣旨を説明し、検査への協力は自由意志であり拒否できること、検査に参加しなくても不利益はないことなどを説明した後、同意を得られた者のみを対象とした。

#### 4) 硬さの測定

測定には、20Nロードセルと直径3mmの円柱プラン

ジャーを取り付けたクリープメータ (山電, RE-3305S) を用いた。試料は、田中らの方法<sup>9)</sup>に準じ、加熱後に20×20×厚さ10mmに切り出した切片を作成し、試料速度は1mm/sec, 歪率80%として、厚さ方向に荷重を加え、硬さを測定した。

### 5) 有意差検定

Excel 2016 (Microsoft, Redmond, WA) にアドインソフト「エクセル統計 (BellCurve for Excel)」 (社会情報サービス, 東京) を追加してTukey法で多重比較検定を行なった。官能検査の有意差検定にはNewell&MacFarlaneの検定表<sup>8)</sup>を用いた。

## III. 結果

### 1. 加熱所要時間と重量変化の加熱法による比較

試料中心温度が所定の75℃に達するまでの所要時間は、200℃過熱水蒸気オープンでは約3.5分、スチームコンベ

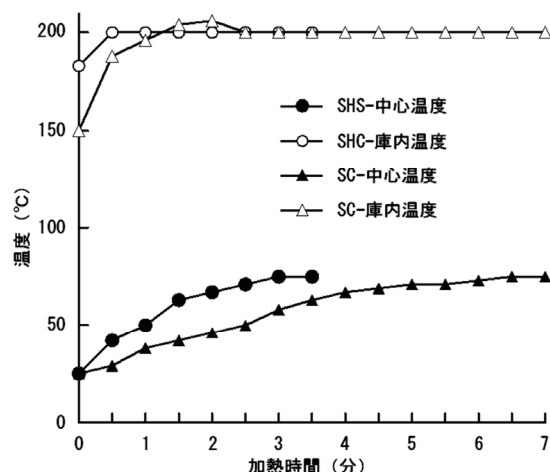


図1 200℃加熱に伴う試料中心温度と庫内温度の変化  
n=1, SHC:過熱水蒸気オープン, SC:スチームコンベクションオープン

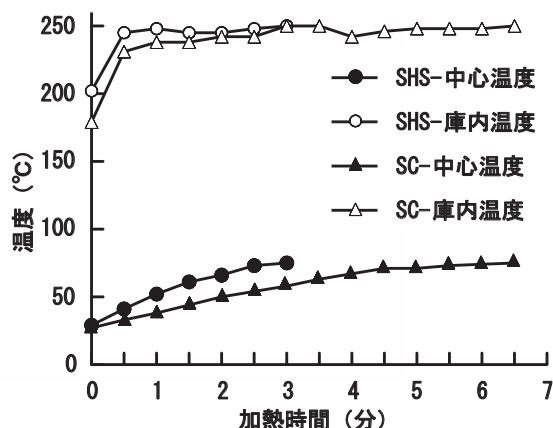


図2 250℃加熱に伴う試料中心温度と庫内温度の変化  
n=1, SHC:過熱水蒸気オープン, SC:スチームコンベクションオープン

クションオープンでは約7分であった(図1)。250℃過熱水蒸気オープンでは約3分、スチームコンベクションオープンでは約6.5分であった(図2)。いずれの温度も、スチームコンベクションオープン加熱に比べ過熱水蒸気オープンはおよそ半分の時間で加熱できることが明らかとなった。

重量減少率は、「脂身なし」試料、200℃加熱では過熱水蒸気オープンで27%、スチームコンベクションオープンで30%、250℃加熱では過熱水蒸気オープンで28%、スチームコンベクションオープンで31%であったが、試料間に有意な差は認められなかった(表1)。「脂身あり」試料、200℃加熱では過熱水蒸気オープンで25%、スチームコンベクションオープンで31%、250℃加熱では過熱水蒸気オープンで29%、スチームコンベクションオープンで34%であった。スチームコンベクションオープン200℃と過熱水蒸気オープン250℃の間に5%の危険率で有意な差があったが、他の試料間には有意な差は認められなかった(表1)。

## 2. 豚肉の脂質含量の変化と脱油量の加熱法による比較

加熱前と加熱後の豚肉の総脂質含量を調べた(表2)。測定値のバラツキが大きく、「脂身なし」「脂身あり」とともに有意な差は認められなかった。そこで、加熱による油脂量の変化を脱油量として不織布に吸収させる吸着法により測定することを試みた(表3)。「脂身なし」では、200℃、250℃とも過熱水蒸気オープン加熱の脱油量がスチームコンベクションオープン加熱の脱油量よりも有意に高かった。「脂身あり」では、200℃では脱油量の有意な差はなかったが、250℃加熱では、過熱水蒸気オープン加熱の脱油量がスチームコンベクションオープン加熱の脱油量よりも有意に高かった。

## 3. 官能評価の加熱法による比較

「脂身なし」の「色合い」では、200℃のスチームコンベクションオープン加熱が過熱水蒸気オープンよりも有意に好まれた(表4)。「硬さ」では、250℃の過熱水蒸気オープン加熱がスチームコンベクションオープン加熱よりも有意に

表1 過熱水蒸気オープンとスチームコンベクションオープン加熱における重量減少率のちがい

温 度 加熱器具 種 類	200℃		250℃	
	過熱水蒸気 オープン	スチーム コンベクション オープン	過熱水蒸気 オープン	スチーム コンベクション オープン
脂身なし	27 ± 5.6 <sup>a</sup>	30 ± 2.8 <sup>a</sup>	28 ± 3.8 <sup>a</sup>	31 ± 3.1 <sup>a</sup>
脂身あり	25 ± 4.0 <sup>ab</sup>	31 ± 4.5 <sup>a</sup>	29 ± 0.9 <sup>b</sup>	34 ± 2.2 <sup>ab</sup>

数値は平均値±標準偏差, n=3, 単位: %.

\*同一種類内の異なるアルファベット間に5%の危険率で有意差あり

表2 過熱水蒸気オープンとスチームコンベクションオープン加熱における総脂質含量のちがい

温 度 加熱器具 種 類	生	200℃		250℃	
	過熱前	過熱水蒸気 オープン	スチーム コンベクション オープン	過熱水蒸気 オープン	スチーム コンベクション オープン
脂身なし	3.9 ± 1.05 <sup>a</sup>	2.5 ± 0.52 <sup>a</sup>	2.6 ± 1.07 <sup>a</sup>	2.7 ± 0.86 <sup>a</sup>	1.8 ± 0.42 <sup>a</sup>
脂身あり	15.0 ± 4.27 <sup>a</sup>	12.2 ± 4.42 <sup>a</sup>	8.9 ± 0.38 <sup>a</sup>	11.8 ± 2.80 <sup>a</sup>	9.5 ± 0.75 <sup>a</sup>

数値は平均値±標準偏差, n=3, 単位: g/100g

\*同一種類内の異なるアルファベット間に5%の危険率で有意差あり

表3 過熱水蒸気オープンとスチームコンベクションオープン加熱における脱油量のちがい

温 度 加熱器具 種 類	200℃		250℃	
	過熱水蒸気 オープン	スチーム コンベクション オープン	過熱水蒸気 オープン	スチーム コンベクション オープン
脂身なし	2.4 ± 0.23 <sup>ab</sup>	0.4 ± 0.21 <sup>c</sup>	3.7 ± 1.37 <sup>a</sup>	0.9 ± 0.27 <sup>bc</sup>
脂身あり	6.3 ± 0.99 <sup>bc</sup>	4.8 ± 0.39 <sup>bc</sup>	15.5 ± 4.4 <sup>a</sup>	7.3 ± 3.21 <sup>b</sup>

数値は平均値±標準偏差, n=3, 単位: g

\*同一種類内の異なるアルファベット間に5%の危険率で有意差あり

# 過熱水蒸気オープンとスチームコンベクションオープンを用いた豚肉の加熱調理特性の比較

好まれた。また、200℃過熱水蒸気オープン加熱が250℃スチームコンベクションオープン加熱よりも有意に好まれた。しかしながら、これら以外の項目では有意な差は認められなかった。

「脂身あり」の「総合評価」では250℃の過熱水蒸気オープン加熱が、スチームコンベクションオープン加熱よりも有意に好まれた。また、「脂っこさ」では200℃のスチームコンベクションオープン加熱が過熱水蒸気オープン加熱よりも有意に脂っこいと評価された。その他の項目には有意な差は認められなかった。

## 4. 硬さの加熱法による比較

官能検査で硬さの評価にちがいがあったことから、脂身なしの豚肉について、テクスチャーの測定を行なった（表

6）。200℃、250℃とも平均値では過熱水蒸気オープン加熱の値がスチームコンベクションオープン加熱の値よりも低い傾向にあったが、いずれの温度も両者の間には有意な差は認められなかった。

## Ⅳ. 考 察

豚ロース肉を過熱水蒸気オープンとスチームコンベクションオープンを用いて200℃および250℃で加熱したところ、いずれの温度でも過熱水蒸気オープン加熱ではスチームコンベクションオープン加熱に比べ、およそ半分の加熱時間で、中心温度を75℃まで上昇をさせることができることが明らかとなった。これは、過熱水蒸気の凝縮熱が非常に大きい<sup>1)</sup> ことによると考えられた。

表4 過熱水蒸気オープンとスチームコンベクションオープン加熱による官能評価のちがい（豚ロース肉、脂身なし）

温 度 加熱器具 項 目	200℃		250℃	
	過熱水蒸気 オープン	スチーム コンベクション オープン	過熱水蒸気 オープン	スチーム コンベクション オープン
脂っこさ	36 <sup>a</sup>	32 <sup>a</sup>	30 <sup>a</sup>	32 <sup>a</sup>
色合い	40 <sup>a</sup>	21 <sup>b</sup>	34 <sup>ab</sup>	35 <sup>ab</sup>
硬さ	23 <sup>b</sup>	38 <sup>ab</sup>	25 <sup>b</sup>	44 <sup>a</sup>
多汁性	25 <sup>a</sup>	37 <sup>a</sup>	29 <sup>a</sup>	39 <sup>a</sup>
総合評価	24 <sup>a</sup>	39 <sup>a</sup>	29 <sup>a</sup>	38 <sup>a</sup>

数値は、順位法による順位合計、パネル数：13名

\*同一項目内の異なるアルファベット間に5%の危険率で有意差あり

表5 過熱水蒸気オープンとスチームコンベクションオープン加熱による官能評価のちがい（豚ロース肉、脂身あり）

温 度 加熱器具 項 目	200℃		250℃	
	過熱水蒸気 オープン	スチーム コンベクション オープン	過熱水蒸気 オープン	スチーム コンベクション オープン
脂っこさ	55 <sup>a</sup>	34 <sup>b</sup>	46 <sup>ab</sup>	45 <sup>ab</sup>
色合い	54 <sup>a</sup>	39 <sup>a</sup>	37 <sup>aq</sup>	50 <sup>a</sup>
硬さ	38 <sup>a</sup>	47 <sup>a</sup>	39 <sup>a</sup>	56 <sup>a</sup>
多汁性	46 <sup>a</sup>	45 <sup>a</sup>	43 <sup>a</sup>	46 <sup>a</sup>
総合評価	45 <sup>ab</sup>	45 <sup>ab</sup>	35 <sup>b</sup>	55 <sup>a</sup>

数値は、順位法による順位合計、パネル数：18名

\*同一項目内の異なるアルファベット間に5%の危険率で有意差あり

表6 過熱水蒸気オープンとスチームコンベクションオープン加熱した豚肉の硬さの比較

温 度 加熱器具	200℃		250℃	
	過熱水蒸気 オープン	スチーム コンベクション オープン	過熱水蒸気 オープン	スチーム コンベクション オープン
最大荷重 (N)	8.21 ± 1.69 <sup>a</sup>	11.10 ± 3.30 <sup>a</sup>	8.83 ± 1.25 <sup>a</sup>	11.45 ± 2.34 <sup>a</sup>

数値は平均値±標準偏差, n=3

\*異なるアルファベット間に5%の危険率で有意差あり



表皮側の脂身を除去した「脂身なし」と脂身をつけたままの「脂身あり」試料を調整し、加熱前と加熱後の総脂質含量を比較したが、過熱水蒸気オープン加熱とスチームコンベクションオープン加熱の間に有意な差は認められなかった。これは「脂身なし」では中心温度75℃に至るまでにある程度の脂質が落ち切ったこと、「脂身あり」については、試料の部位による脂肪層の差が原因ではないかと考えられた。

脱油量は、「脂身なし」では、200℃および250℃ともスチームコンベクションオープン加熱より過熱水蒸気オープン加熱が有意に高かった。「脂質あり」では、200℃では加熱法間に有意な差は認められなかったが、250℃ではスチームコンベクションオープン加熱よりも過熱水蒸気オープン加熱が有意に高かった。これは、過熱水蒸気オープン加熱では、凝縮熱により温度上昇が急速に起こり、油脂が速く溶けはじめ、さらに、高温による粘度低下で流動性が低下し、自ら溶出、あるいは肉が収縮することによりじみ出て、表面から落ちることや凝縮水により洗われること<sup>1)</sup>で多量の油脂が出たものと考えられた。一方、「脂身あり」では、もともとの油脂量が多く、200℃ではいずれの加熱器具でも十分に溶出できなかったが、250℃では前述のように過熱水蒸気オープン加熱により溶出したものと推察された。

官能評価では「脂身なし」の「硬さ」では、250℃の過熱水蒸気オープン加熱がスチームコンベクションオープン加熱よりも有意に好まれた。また、200℃過熱水蒸気オープン加熱が250℃スチームコンベクションオープン加熱よりも有意に好まれた。しかし、それ以外の項目では有意な差は認められなかった。「脂身あり」の「総合評価」では250℃の過熱水蒸気オープン加熱が、スチームコンベクションオープン加熱よりも有意に好まれた。また、「脂っこさ」では200℃のスチームコンベクションオープン加熱が過熱水蒸気オープン加熱よりも有意に脂っこいと評価された。その他の項目には有意な差は認められなかった。さらに、硬さについても測定したが、有意な差は認められなかった。しかしながら、官能評価、硬さの測定とも加熱直後ではなく、一定時間が経過してから行っており、今後、評価や測定時の品温についても考慮する必要があると考えられた。

これらのことから、官能検査ではパネル数が少なく明確ではないが、過熱水蒸気オープン加熱は、スチームコンベクションオープン加熱と比べ、肉の脂っこさを低下させ、軟ら

かくする可能性が示唆された。

## 謝 辞

官能検査に協力いただいた神戸女子大学家政学部管理栄養士養成課程4回生及び教職員各位、分析に協力いただいた志村茉耶さんならびに野口裕美子さんに深謝する。

## 利益相反

本研究における利益相反は存在しない。

## 文献

- 1) 宮武和孝：過熱水蒸気の活用，電気学会誌，128，97-100，（2008）
- 2) 門馬哲也，岸本卓士，田中源基，高見星司：過熱水蒸気による健康調理技術の開発，シャープ技報，91，40-44，（2005）
- 3) 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プンの加熱特性，家政誌，53，331-337（2002）
- 4) Folch, J., Lees, M., Sloane-Stanley, G.H.: A SIMPLE METHOD FOR THE ISOLATION AND PURIFICATION OF TOTAL LIPIDES FROM ANIMAL TISSUES, J.Biol. Chem., 226, 497-509, (1957)
- 5) 杉山久仁子，山形純子，池内ますみ，内山智美，喜多記子：蒸気供給によるオープンの加熱特性と脱脂効果，平成21年度日本調理科学会大会研究発表要旨集，75（2009）
- 6) 中本恵子，池内ますみ，河村亜紀，赤石記子，杉山久仁子，長尾慶子，藤本千鶴，升井洋至，山下英代，山本由美，渡辺豊子，山形純子，伊與田浩志，渋谷祥子：蒸気供給によるオープンの加熱特性の変化と脱脂効果，平成22年度日本調理科学会大会研究発表要旨集，（2010）
- 7) 金娟廷，川野亜紀，高橋智子，大越ひろ：豚肉の物性及び嗜好性に及ぼす高圧処理の影響，日本調理科学会誌，39，10-15（2006）
- 8) 長尾慶子，香西みどり編著：調理科学実験，21-25（2004），建帛社，東京
- 9) 田中佐知，早瀬明子，栗津原元子，香西みどり：加熱方法の異なる鶏肉の物性と食味評価，日本調理科学会誌，43，306-313，（2010）