

## 食肉加工品製造における過熱蒸気の利用

河原 聡・中村純也<sup>1)</sup>・六車三治男

宮崎大学農学部応用生物科学科食品機能化学講座

<sup>1)</sup> 現在所属：小倉屋昆布食品株式会社 (元農学部生物資源利用学科)

(2007年1月26日 受理)

## Utilization of super-heated steam cooking for manufacturing of meat products

Satoshi KAWAHARA, Junya NAKAMURA<sup>1)</sup>, Michio MUGURUMA

Division of Food Science and Nutrition, Faculty of Agriculture, University of Miyazaki

<sup>1)</sup> Oguraya Konbu-Shokuhin Corporation Ltd.

**Summary :** The objective of this study was to evaluate the effects of cooking with super-heated steam on cooking yield, lipid oxidation and development of warmed-over flavor of a model of pork products. Pork patties containing 1.5 % of sodium chloride were prepared as a model product, and then those were cooked with an oven or a super-heated steam oven or in boiled water. Cooking with super-heated steam increased the cooking yield of pork patty and shortened the cooking time as compared with other cooking methods. In addition the pork patties cooked with super-heated steam did not browned. This result indicates that super-heated steam decelerates the amino-carbonyl reaction of meats during cooking process. On the other hand cooking with super-heated steam accelerated lipid peroxidation of pork patty, especially when the patty was cooked at 180°C. Cooking with super-heated steam drastically decreased linoleic acid content in pork patty, whereas other polyunsaturated fatty acids such as arachidonic acid or docosahexaenoic acid were not affected significantly. However the warmed-over flavor intensity of pork patty cooked with super-heated steam was lower than those with other cooking methods in sensory evaluation. Quality evaluations also revealed that the characters of rancidity by cooking with super-heated steam differed from those by cooking with heated wind or boiling.

**Key words :** Lipid peroxidation, Pork, Sensory evaluation, Super-heated steam, Warmed-over flavor.

### 緒言

過熱蒸気は沸騰気化した水を更に過熱して沸点以上の温度とした気体の水を指す。過熱蒸気は空気と同様に無色透明であり、様々な圧力下における沸点以上の任意の温度を取り得る熱放射線性ガスであることが特徴である。近年、過熱蒸気処理システムが開発され、食品関連工業における脱臭、

殺菌や加熱調理のための熱媒体として種々の食品への利用が検討されている(内堀ら 1999)。空気中には約21%の酸素が存在するのに対し、過熱蒸気中は相変化前の液体水中に溶存していた微量の酸素のみを含むため、過熱蒸気を熱媒体として用いた場合、食品の品質劣化に深く関与する脂質酸化反応を抑制できると考えられている。

食肉の加熱調理に伴う脂質過酸化の進行は再加熱時の異臭や風味劣化、いわゆる warmed-over flavor (WOF) の進展に深く関与することが知られている (Pearson *et al.* 1977). そのため、食肉の脂質過酸化の抑制は食肉加工品の品質と密接に関連している. これまでに報告されている食肉の脂質過酸化に関する研究の多くは塩漬による脂質過酸化の抑制, そして食品添加物としての抗酸化剤の使用に関するものであった. しかし, 近年, 食品添加物の使用量を抑制した製品に対する消費者ニーズの高まりを受けて, 種々の食品添加物に依存せず, 脂質過酸化を抑制できるような新しい食肉加工技術の開発が求められている.

そこで本研究では, 低酸素分圧下での加熱が可能であり, 食品の脂質過酸化を抑制した加熱調理が可能であるとされる過熱蒸気による加熱調理技術に着目し, 食肉加工品製造への過熱蒸気の適用性について検討した.

#### 材料および方法

##### 1. 豚肉パテ

デンマーク産冷凍豚ロース肉から脂肪を除去した赤身を原料として用いた. 豚赤身肉を4.5 mmφのプレートを装着したチョッパーでひき肉とし, 食塩を1.5%添加後, 乳ばち中で十分に混和して

練り肉を調製した. この練り肉約50 gを厚さ15~17 mmのパテ状に整形し, 実験に供した.

##### 2. 豚肉パテの加熱調理

宮崎県食品開発センター所有の過熱蒸気調理装置 (清本鐵工社製試作機, 図1), 家庭用オープンレンジ (日立MRO-NF10) および騰煮 (ポイル) により加熱調理を行った. 各加熱方法での加熱温度は過熱蒸気においては180°C, 220°Cおよび260°C, オープンにおいては180°C, ポイルにおいては98°Cとした. いずれの場合も加熱中の製品温度を温度センサーにて測定し, 中心温度が90°Cに達するまで加熱を行った. 加熱した豚肉パテをポリエチレン製の袋に入れ, 氷水中で直ちに冷却した後, 真空包装したものを分析用の試料とした. 試料は分析時まで -80°Cで冷凍保存した.

##### 3. 分析方法

過酸化価 (POV) はBuege & Aust (1978)の方法に準じて比色法で測定した. チオバルビツール酸反応物質値 (TBARS値) はYamauchiら (1980)の方法に準じて水蒸気蒸留法で測定した. また, Folchら (1957)の方法に準じて抽出した総脂質を, Takenoyamaら (1999)の方法に準じて脂肪酸メチルエステルを調製し, 脂肪酸分析に

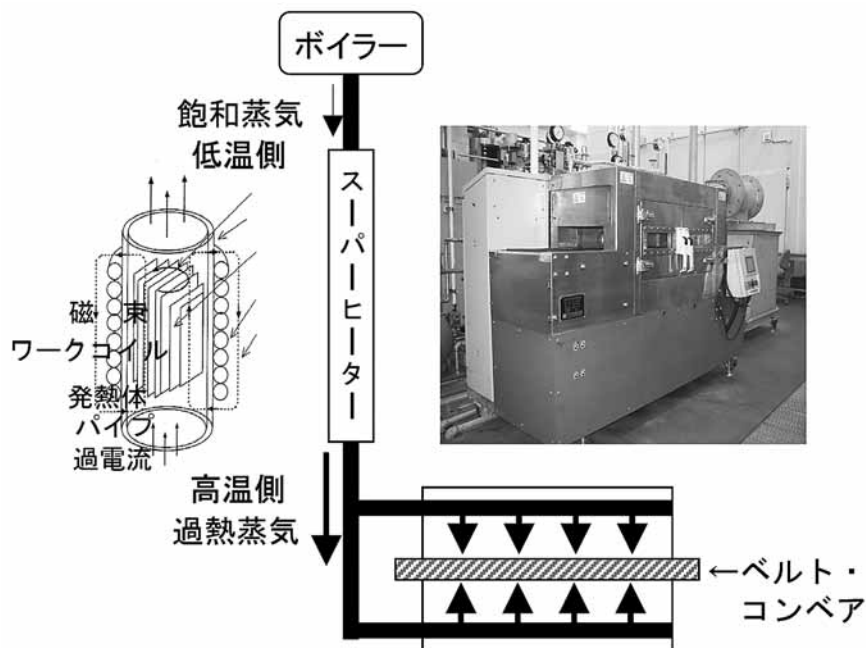


図1. 本研究において使用したコンベア式過熱蒸気調理装置 (清本鐵工社製試作機)

供した。脂肪酸組成分析はSUPELLOWAX-10™ (60 m × 0.32 mmφ, 0.25 μm film thickness) を装着したガスクロマトグラフ (島津GC-17A) を用いて行い、脂肪酸の定量はトリコサン酸 (C23:0) による内部標準法で行った。

#### 4. 官能検査

WOFに関する官能検査はStoneら (1974) の方法およびMeltonら (1987) の方法に準じて行った。官能検査の実施に先立ち、人為的にWOFを発生させた試料およびWOFを発生していない試料を用いた3点識別試験を実施し、WOFの検出能力が高い官能検査員を選抜した。3点識別試験は計8回実施し、正答率が8/8あるいは7/8の者5名を官能検査員とした。各種加熱試料については、加熱調理後に冷蔵庫中で48時間放置した各試料をチョッパーにて破碎し、その約10 gをアルミ製秤量瓶に採り、50°Cに加熱、保温した試料を官能検査に供した。官能検査員は秤量瓶を開封し、直ちにその加熱蒸散臭を評価した。評価項目は「臭いの強さ」「獣臭」「刺激臭」「甘臭」とし、全長150 mmの水平線尺度により評価値を得た。

#### 5. 統計解析

得られたデータは分散分析法により解析した。分散分析により有意性が認められた場合には、Tukey-Kramer (Kramer 1956) の方法により平

均値の群間比較を実施した。

#### 結果および考察

##### 加熱時間と加熱歩留

各加熱方法による豚肉パテの平均加熱時間および加熱歩留を表1に示す。過熱蒸気装置を用いた場合、加熱時間が大幅に短縮された。また、特にオープン加熱と比較すると、加熱調理後の製品の加熱歩留が大幅に向上した。このような事例は、食肉加工品以外の食品の調理に過熱蒸気を用いた際の利点としても数多く報告されている (野邑1991)。今回の研究結果から、食肉加工品の場合も過熱蒸気調理は同様の長所を有していることが確認された。

また、180°Cで過熱蒸気調理した豚肉パテは表面の褐変がほとんど進行せず、魚介類の白焼に類似した外観を呈した (図2)。雰囲気温度を260°Cとした場合にのみ、僅かではあるが焼き焦げ状の褐変が認められた。しかし、オープン調理したも

表1. 豚肉パテの平均加熱時間および加熱歩留

加熱方法	加熱時間(分'秒")	加熱歩留(%)
ポイル	14'00"	84.37 ± 0.19
オープン	25'00"	70.08 ± 0.27
過熱蒸気(180 )	10'19"	88.55 ± 0.41
過熱蒸気(220 )	9'07"	85.89 ± 0.31
過熱蒸気(260 )	7'50"	82.82 ± 0.27

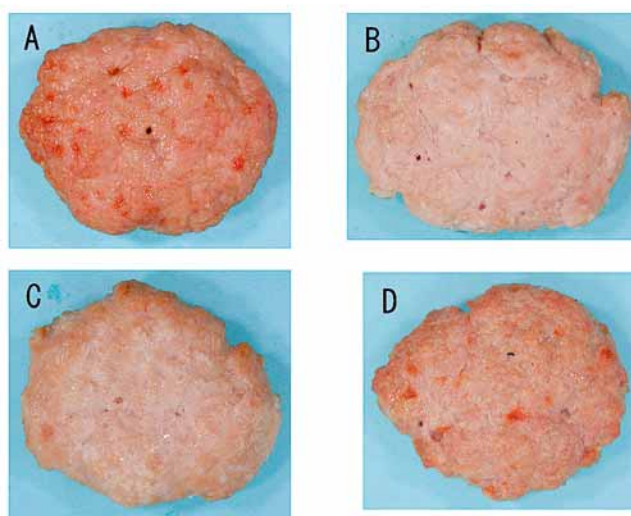


図2. 種々の加熱処理を施した豚肉パテの外観。  
A, オープン加熱; B, 過熱蒸気 (180 ) 加熱;  
C, 過熱蒸気 (220 ) 加熱; D, 過熱蒸気 (260 ) 加熱

のと比較して、明らかに褐変の進行が抑制されていた。食品の加熱調理時に起こるアミノ・カルボニル反応により進行する褐変は、食品の外観のみならず、臭気物質の生成に重要である。また、強い変異原性を有するヘテロサイクリックアミンがアミノ・カルボニル反応により生成することが指摘されている (Cheng *et al.* 2006)。過熱蒸気調理を施した食肉における臭気物質や毒性物質の生成量に関する研究も、食肉加工における過熱蒸気の利点を探る上で重要な研究課題になると考えられる。

### 脂質過酸化

各種加熱処理を行った豚肉パテのPOVを図3に示す。豚肉脂質のPOVは180°Cおよび220°Cで過熱蒸気処理した試料において高値を与えた。特に、180°C過熱蒸気処理試料のPOV値はボイル加熱およびオープン加熱のそれより有意に高かった ( $p < 0.05$ )。また、過熱蒸気処理試料間では、加熱温度が高くなるに従ってPOVが低くなる傾向を示し、180°C区と260°C区間に有意差が認められた ( $p < 0.05$ )。このことから、食肉を過熱蒸気によって調理する場合、より高温で短時間に加熱処理を終了した方が、脂質過酸化が進行しにくいことが示唆された。

各種加熱処理を行った豚肉パテのTBARS値を図4に示す。TBARS値はボイル区あるいはオープン区と比較して過熱蒸気区で高くなる傾向が認められたが、各試験区間に統計的な有意性は認められなかった。また、POVの場合とは異なり、過熱蒸気による調理温度は豚肉パテのTBARS値に明白な影響を及ぼさなかった。

本研究において加熱蒸気調理した豚肉パテのPOVおよびTBARS値は総じて高い値を示した。上述した通り、過熱蒸気区においては豚肉パテの褐変がほとんど認められなかった。食品中のアミノ・カルボニル反応の過程では種々のレダクトン類や強い抗酸化活性を有する褐変色素が生成する (Delgado-Andrade & Morales 2005)。本研究で観察された過熱蒸気区における脂質過酸化の著しい進行は、過熱蒸気処理による褐変の抑制も一因であると考察された。

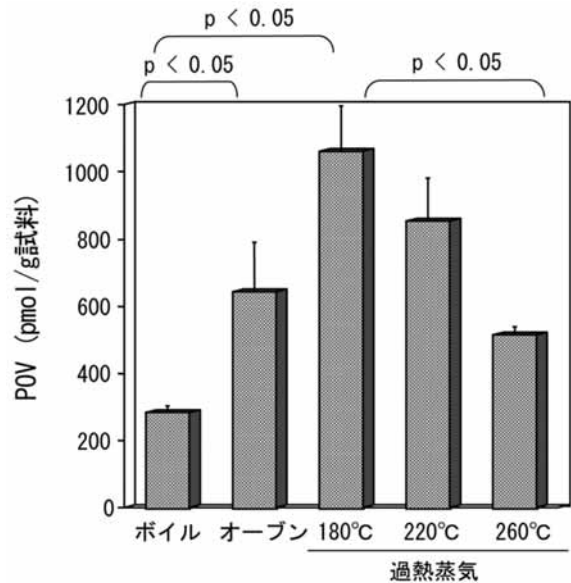


図3. 種々の加熱処理が豚肉パテのPOVに及ぼす影響

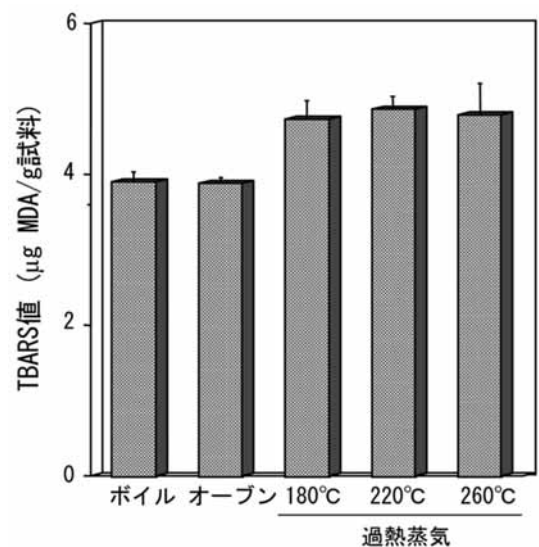


図4. 種々の加熱処理が豚肉パテのTBARS値に及ぼす影響

### 脂肪酸含量

各種加熱処理を行った豚肉パテの脂肪酸含量を表2に示す。リノール酸 (18:2, n-6) 含量は過熱蒸気区で有意に低くなった ( $p < 0.05$ )。これは、過熱蒸気調理した豚肉パテにおいて脂質過酸化が著しく進行したことを反映したものと考えられる。しかし、アラキドン酸 (20:4, n-6) やドコサヘキサエン酸 (22:6, n-3) などの高度不飽和脂肪酸含量に関しては、加熱方法の違いによる

表 2. 各加熱処理後の豚肉パテの脂肪酸含量 (mg/g 脂質)

	ボイル オープン		過 熱 蒸 気			ANOVA	
			180	220	260	SEM	p値
14:0	11.7	12.2	11.3	11.8	11.3	0.3	0.593
16:0	249	248	239	243	240	5	0.450
18:0	142	137	131	134	130	5	0.074
18:1(n-9)	411 <sup>a</sup>	382 <sup>b</sup>	400	404	411 <sup>a</sup>	11	0.029
18:2(n-6)	85.4 <sup>a</sup>	86.0 <sup>a</sup>	75.6	77.3	73.0 <sup>b</sup>	5.4	0.011
20:4(n-6)	7.00	6.84	7.49	7.73	8.99	0.77	0.265
22:6(n-3)	0.88	0.73	0.83	0.89	1.15	0.15	0.171

<sup>a, b</sup> 異なる符号を付した平均値間に有意差 ( $p < 0.05$ ) が認められた。

表 3. 豚肉パテの官能検査結果

	ボイル オープン		過 熱 蒸 気			ANOVA	
			180	220	260	SEM	p値
臭いの強さ	80.69	76.96	108.51	94.46	93.41	17.87	0.254
獣 臭	59.69	46.94	29.76	30.12	34.53	18.28	0.064
刺激臭	43.32	37.06	59.57	51.67	40.09	13.00	0.748
甘 臭	49.84	72.70	40.27	51.55	40.59	18.66	0.177

単位は mm で示している。数値が大きくなるほど、官能評価員がその評価項目を強く感じたことを示す。

大きな差異は認められなかった。

#### 官能検査

再加熱した豚肉パテの官能検査結果を表 3 に示した。各試料の「臭いの強さ」は、図 4 に示した各試料の TBARS 値が高かったものほど強くなる傾向を示し、ボイル区あるいはオープン区と比較して、過熱蒸気区で低い評価を受ける傾向であった。豚肉の WOF に典型的な臭いは「獣臭」、「刺激臭」および「甘臭」であるとされている (Ranken 1989)。これらの臭気に関する官能評価の結果は、加熱方法により異なる傾向が認められた。すなわち、過熱蒸気調理した試料は「獣臭」が弱くなる反面、酸臭に代表される「刺激臭」が強くなるという特徴を有していた。それに対し、オープン加熱試料では甘く感じる臭いが強いことが特徴的であった。食肉の加熱時に生じる揮発性化合物はアミノ・カルボニル反応時のストレッカー分解や脂質過酸化に伴い生成し、その物質は 880 種にも及ぶ (藤巻 1973, 畑江 2002)。本研究結果は、加熱方法の違いにより豚肉パテから生成する揮発性化合物の種類が異なる、あるいは、生成した化合

物の量的バランスに差異を生じることを示唆している。

また、官能検査後に実施した官能検査員に対する聞き取り調査では、オープン加熱した試料および 220°C による過熱蒸気調理した試料の匂いは比較的好ましいものであるとの評価を得た。消費者の健康への関心の高まりから、一般に食品の脂質過酸化は抑制することが望ましいと考えられている。しかし、本研究における脂質過酸化と官能検査結果は、適度な脂質過酸化の進行は食肉加工品の匂いを好ましいものにすることを示唆している。加熱方法あるいは加熱条件が、脂質過酸化に起因する臭気成分の定性的あるいは定量的な特徴に及ぼす影響についてより詳細に解析することが食品の食味性の観点からは重要であると考えられた。

本研究の結果をまとめると、脂質過酸化の観点からは、過熱蒸気による豚肉の調理に明白な優位性を認めることはできなかった。一方で、加熱歩留の向上や調理時間の短縮など、過熱蒸気調理にはいくつかの産業的なメリットも見出された。また、過熱蒸気を用いることにより製品表面色にはほとんど褐変がみられない特徴的な製品が製造でき

ることも示された。本研究においてはモデル食肉加工品として豚肉パテを用いたが、例えば白ソーセージなどの製品については褐変による着色が好まれない。香辛料などの添加により十分な酸化安定性を付与した上で、これらの製品の加熱調理に過熱蒸気を用いることは産業上有効であるかもしれない。今後、更なる検討が必要である。

#### 謝 辞

本研究を遂行するに当たり、原料豚肉をご提供頂いた日本ハム株式会社中央研究所の奥村朋之博士に感謝申し上げます。また、加熱機器を貸与して頂いた宮崎県食品開発センターに感謝申し上げますと共に、機器の操作についてご指導頂いた元食品開発センターの上原 剛氏、森下敏郎氏に深謝申し上げます。

#### 要 約

本研究では、過熱蒸気調理が豚肉加工品（豚肉パテ）の加熱歩留、脂質過酸化および脂質過酸化が原因となり発生する異常臭であるwarmed-over flavor (WOF) に及ぼす影響について検討した。一般に過熱蒸気調理には歩留向上、可食期間の延長など、食品加工上あるいは流通上の長所を有する。本研究の結果はそれら加熱調理の調書の一部を支持するものであった。また、過熱蒸気による豚肉パテの調理はアミノ - カルボニル反応に起因する褐変の進行を著しく抑制した。それに対し、脂質過酸化の抑制という観点からは、過熱蒸気による食肉の調理に優位性を認めることはできず、特に180°Cにおいて過熱蒸気調理した豚肉パテの脂質過酸化は著しく進行した。脂質過酸化の進行に伴い、過熱蒸気調理した豚肉パテ中のリノール酸含量は、他の加熱方法によるものと比較して、有意に減少した。一方、WOFについては、その強さや臭いの質が加熱方法により異なる傾向を示した。特に、過熱蒸気調理は食肉加工品の不快風味の一つである獣臭の発生を抑制することが示唆された。

キーワード：過熱蒸気，加熱蒸散臭，官能評価，脂質過酸化，豚肉。

#### 引用文献

- Buege, J. A., S. D. Aust (1978) Microsomal Lipid Oxidation. In *Meth. Enzymol.* Vol. 52, Biomembranes Part C (Eds. S.P. Colowick), Academic Press, FL, pp. 302-310.
- Cheng, K. W., F. Chen, M. Wang (2006) Heterocyclic amines: Chemistry and health. *Mol. Nutr. Food Res.* 50, 1150-1170.
- Delgado-Andrade, C., F.J. Morales (2005) Unraveling the contribution of melanoidins to the antioxidant activity of coffee brews. *J. Agric. Food Chem.* 53, 1403-1407.
- Folch, J., M. Lees, G.H. Sloane-Stanley (1957) A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 266, 497-509.
- 畑江敬子 (2002) 牛肉の加熱調理に伴う変化. *食肉の科学* 43, 121-129.
- 藤巻正生 (1973) アミノ酸とフレーバー. *食の科学* 13, 100-105.
- Kramer, C. Y. (1956) Extension of multiple range tests to group means with unequal numbers of replications. *Biometrics* 12, 307-310.
- Melton, S.L., P. M. Davidson, J.R. Mount (1987) Sensory analysis of undesirable flavors in meat. In *Warmed-Over Flavor in Meat* (Eds A. J. Angelo & M.E. Bailey), Academic Press, Florida, pp. 141-164.
- 野邑奉弘 (1991) 過熱蒸気の熱的特性と新しい利用法. *食品と開発* 26, 6-10.
- Pearson, A. M., J. M. Love, F. B. Shortland (1977) Warmed-over-flavor in meats, poultry and fish. *Adv. Food Res.* 23, 1-74.
- Ranken, M. D. (1989) Rancidity in meats. In *Rancidity in Foods* 2nd ed. (Eds J. C. Allen & R. J. Hamilton), Elsevier Science Publisher, New York, pp. 225-236.
- Stone H, J. L. Sidel, S. Oliver, A. Woolsey, R. C. Singleton (1974) Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. *Food Technol.* 28, 24-34.
- Takenoyama, S., S. Kawahara, H. Murata, K. Yamauchi (1999) Investigation of some preparation procedures of fatty acid methyl esters for

capillary gas-liquid chromatographic analysis of conjugated linoleic acid in meat. *Anim. Sci. J.* **70**, 336-342.

内堀義隆・佐谷英二・井尻 哲・川村泰三  
(1999) DPHを用いた常圧・高温蒸気による食品の殺菌について. *食品機械装置* 36, 74-80.

Yamauchi, K., Y. Nagai, T. Ohashi (1980) Quantitative relationship between alphatocopherol and polyunsaturated fatty acids and its connection to development of rancidity in porcine skeletal muscle. *Agric. Biol. Chem.* **46**, 1061-1067