

過熱水蒸気オーブンをを用いた時のハンバーグステーキ焼成温度の違いが ジューシーさやおいしさに及ぼす影響

Effect of Baking Temperature on the Juiciness and Tastiness of Hamburger Steak Cooked in a Superheated Steam Oven

日本調理科学会近畿支部 焼く分科会*

Kinki branch office, The Japan Society of Cookery Science

Hamburger steaks were baked at a low temperature (150°C) and high temperature (250°C) in a domestic superheated steam oven or conventional oven to compare the features of the products cooked with superheated steam. The hamburger steak samples were baked until the minimum internal temperature had reached 75°C. The rate of temperature rise during the initial stage of heating was rapid in the superheated steam oven when baking at both 150°C and 250°C. The weights of the product and the meat juice expressed from the inside were not affected by the baking temperature. Sensory test results showed that the hamburger steak baked at 150°C was lighter in color ($p < 0.001$), weaker in savory aroma ($p < 0.01$), and lower in overall score ($p < 0.01$) than when baked at 250°C. However, the scores for juiciness and oiliness were similar at both temperatures. Low-temperature heating with superheated steam was thus suitable for cooking requiring a long heating time.

キーワード: 過熱水蒸気オーブン superheated steam oven; ジューシーさ juiciness; 焼成温度 baking temperature; ハンバーグステーキ hamburger steak

緒言

過熱水蒸気は熱伝達特性に優れ、加熱空気中での乾燥や他の熱処理とは異なる性状の製品が得られることが期待される^{1,2)}。この特性は被加熱物内の水分や諸成分の移動、熱変性や酵素活性などに大きな影響を与え、中でも蒸気の凝縮水は表面に作用するため、製品の表面性状やテクスチャーに与える影響が大きいと言われている³⁾。これまでに過熱水蒸気による脱油効果⁴⁾や減塩効果⁵⁾、ビタミンC破壊抑制効果⁶⁾、および調理特性⁷⁻¹⁰⁾などについての研究が報告されているが、それらのほとんどは過熱水蒸気実験装置や業務用スチコンを用いたものであり、近年一般家庭に普及しつつある市販の家庭用過熱水蒸気オーブンをを用いた時の調理機能や調理品への影響などについて研究した報告¹¹⁾は未だ少ない。

家庭用過熱水蒸気オーブンは、過熱水蒸気による熱処理と自然対流式の高温空気による熱処理との両機能を備えており、我々は先¹¹⁾に、ハンバーグステーキ（以後ハンバ

ーグと略す）を230°Cで中心温度が75°Cに達するまで焼成した製品について両機能間の比較をおこなった結果、製品内部に残存する肉汁量や肉汁中の油脂量にはほとんど違いが認められないことを報告した。しかし過熱水蒸気を用いた調理の利点の一つとして被加熱物からの脱油効果が挙げられていることは前述のとおりであり⁵⁾、さらに酒井ら⁴⁾の過熱水蒸気の方が重量減少率は低く抑えられ、過熱水蒸気温度が高いほど脱油率が大きくなるとの報告もみられる。そこで本報では家庭用過熱水蒸気オーブンの過熱水蒸気機能を用いてハンバーグを焼成した時、焼成温度の違いが、ジューシーさとの関連が深い肉汁量や肉汁中の油脂量、また、焼き色、物性、官能評価にどのような影響を及ぼすかについて検討を行った。焼成温度は、一般的な家庭用過熱水蒸気オーブンで設定できる最高温度の250°Cを高温加熱として設定し、肉類を焼成可能な最低温度と思われる150°Cを低温加熱として設定した。そして、この焼成温度の影響が、過熱水蒸気に特徴的にみられる現象であるかを調べるため、オーブン機能においても焼成温度の違いによる焼成を行い、家庭用過熱水蒸気オーブンにおける過熱水蒸気加熱の有用性を見出すことを試みた。その結果一定の知見を得たので報告する。

実験方法

1. 実験材料と配合割合

ハンバーグ生地の材料、およびその配合割合を表1に示した。材料の挽肉はオーストラリア産牛モモ肉とアメリカ産豚肩肉を5mmに挽いたもの、たまねぎは北海道産で、

* 奥山孝子⁸⁾(Takako Okuyama, 丸大食品株式会社), 石村哲代(Tetsuyo Isimura, 四條学園短大), 片寄真木子(Makiko Katayose, 元神戸女短大), 阪上愛子(Aiko Sakae, 堺女短大), 中山玲子(Reiko Nakayama, 元羽衣国際大), 樋上純子(Sumiko Higami, 園田学園短大), 福本タミ子(Tamiko Fukumoto, 大阪大谷大短大), 細見和子(Kazuko Hosomi, 神戸女短大), 安田直子(Naoko Yasuda, 元千里金蘭大), 山本悦子(Etsuko Yamamoto, 大阪夕陽丘学園短大), 米田泰子(Yasuko Yoneda, 京都ノートルダム女大), 渡辺豊子(Toyoko Watanabe, 千里金蘭大)

⁸⁾ 連絡先 丸大食品株式会社中央研究所
〒569-8577 大阪府高槻市緑町21-3
TEL 072(661)2552 FAX 072(661)2598

過熱水蒸気オーブンをを用いた時のハンバーグステーキ焼成温度の違いがジューシーさやおいしさに及ぼす影響

表 1. ハンバーグの材料分量及び配合割合

材料	1 回分の調製量(g)	挽肉に対する配合割合(%)
牛挽肉	1,000.0	50.0
豚挽肉	1,000.0	50.0
ソティたまねぎ	800.0	40.0
生パン粉	200.0	10.0
牛乳	200.0	10.0
鶏卵	200.0	10.0
食塩	20.0	1.0
こしょう	0.2	0.01

3.2 mm 角にカット後重量 86% まで加熱した冷凍ソティたまねぎ、生パン粉は 4 メッシュに粉碎した焙焼パン粉、卵は割卵後 20 メッシュでろ過した凍結全卵、牛乳は成分無調整乳を用いた。

2. 試料の調製

パン粉、牛乳、卵、たまねぎ、食塩、こしょう、牛挽肉、豚挽肉の順にボールに投入し、ミキサー（(株)愛工舎製作所製、マイティ 15）にて 138 rpm で 2 分間攪拌した。これら生地は実験日前日に調製し、ポリビニル材の袋に 1 kg ずつ分注後真空包装し、使用まで冷蔵庫（4℃）で保管した。実験当日に生地を 1 個 100 g に分割し、球状に丸め、厚さ 20 mm、直径 83 mm の円形に成型し試料とした。試料の品温は 10℃ に調製した後実験に供した。

3. 焼成方法

焼成器具は家庭用過熱水蒸気オーブン（シャープ製、AX-HC 2）を用い、ウォーターオーブン・ローストに設定した過熱水蒸気機能（以後過熱水蒸気と略す）による焼成と同機種に備えられているオーブン機能（以後オーブンと略す）による焼成を行った。

焼成温度は低温加熱の場合は 150℃ 設定（以後 150℃ と略す）とし、高温加熱の場合は 250℃ 設定（以後 250℃ と略す）として両機能の焼成温度の違いによる製品間の比較をおこなった。

焼成方法は、試料をオーブン皿上に横に 3 個並べ、中央の試料に直径 1.2 mm、K タイプの熱電対（足立計器製 BS-12）を挿入後、150℃、または 250℃ に予熱したオーブン内（下段）に入れ、試料の中心温度が食品衛生上安全とされている 75℃ に到達するまで焼成した。

4. 測定項目

1) 温度履歴と 75℃ 到達時間、75℃ 以上保持時間

直径 1.2 mm、K タイプの熱電対を試料内部に挿入し、中心部底面から 12 mm 点（中心温度、すなわち焼成終了時に内部温度の最低温度点となる場所）が 75℃ に到達するまでの焼成中の試料中心温度を測定し、その履歴から 75℃ 到達時間を読み取った。

また、75℃ 以上保持時間は、焼成終了後熱電対をつけたまま試料を置いたオーブン皿をオーブン内から取り出し、室温 23~25℃ の実験台上に放置し、中心温度が再び 75℃ に戻るまでの温度履歴から読み取った。

2) 製品の重量と形状（直径・厚さ）

焼成直後の製品重量、および既報¹²⁾ に準じて焼成終了後室温で 30 分間放冷後の製品重量、厚み、直径を計測した。

3) 肉汁量と油脂量

製品中に残存する肉汁は、既報¹³⁾ に準じて焼成直後の 75℃ 付近の製品を直ちに径 180 mm の裏ごし器上に置き、さらに製品の左右に長さ 300 mm、幅 20 mm、厚さ 5 mm のアクリル棒を置き、その上から 6 kg の重石で 1 分間、厚さ 5 mm まで圧縮して採取した。肉汁をメスシリンダーに移して室温 23~25℃ に放置すると二層に分離するので、その上層を油脂量として読み取った。また、オーブン皿に流出した肉汁量をオーブン皿残物として計量した。その後残物をメスシリンダーに移し、肉汁同様室温放置し、上層をオーブン皿残物中の油脂量とした。

4) 焼き色

焼成後室温で 20 分間放冷後、製品表面をデジタルカメラで写真撮影した。撮影条件は照度 1,000 ルクス、製品とカメラの距離 300 mm、ホワイトバランス晴れ設定とした。写真をパソコンに取り込み、辰口らの方法¹⁴⁾ に準じて、画像処理ソフト（ナノシステム製、ナノハンター LtFP-1000）を用いて画像解析を行った。領域は円形ハンバーグのほぼ全面が入るように設定し、焼き色の濃さの判定に G 値の平均値を用いた。G 値 70 以下を濃い焼き色のついた部分としてその面積を求め、全体領域面積に対する割合を算出した。

5) 物性

焼成終了後内部温度が 70℃ に下った時点で、破断強度試験を行った。

製品は切らずにそのままの状態、表面を上にもかけて試料台中央に置いた。測定にはクリープメーター（山電製、RE-3305 S）を用い、プランジャーは 30 mm×1 mm のくさび形、ロードセル 20 N、測定速度 1.0 mm/sec、歪率 99% で測定解析した。

6) 官能評価

低温加熱と高温加熱による製品を比較するため、シェッフェの 7 段階対比較法による官能評価を行った。パネルは 12 名（焼く分科会会員 4 名と食物栄養学科教員 8 名）、評価項目は「食べた時のジューシーさ」、「食べた時の脂っぽさ」をはじめ、「ハンバーグの色」、「香ばしい香り」、「食べた時のかたさ」、「総合評価」の 6 項目とした。試料の焼成時間は食品衛生上の安全性を考慮して各焼成条件における平均時間に標準偏差を加えた時間にした。同機種のオーブンでも、焼き上がりの製品に相違がみられるため、オーブン 1 台で低温加熱と高温加熱の 2 条件を焼成した。よって、焼成時間が長くかかる低温加熱からさきに焼成し、恒温器に置き、高温加熱の製品を焼成後直ちに 2 品を（品温 70℃ 以上）官能評価に供した。

実験結果および考察

1. ハンバーグ焼成時の温度履歴と 75℃ 到達時間, 75℃ 以上保持時間

中央試料の焼成開始から 75℃ に達し焼成終了後余熱で最高温度に達するまでの中心温度履歴を図 1 に示した。この曲線は、過熱水蒸気とオープンともに 150℃, および 250℃ で焼成した時の、それぞれの平均温度履歴を示したものである。さらに製品中心温度の 75℃ 到達時間(焼成時間)及び焼成終了後の 75℃ 以上保持時間を表 2 に示した。

製品焼成前の各温度設定時の庫内温度は、低温の 150℃ 設定では過熱水蒸気とオープンともに設定温度である 150℃ まで到達していたが、高温の 250℃ 設定では過熱水蒸気はオープンより 5℃ 低く、過熱水蒸気で 240℃, オープンで 245℃ であった。

75℃ 到達時間は、過熱水蒸気とオープンともに、当然のことながら低温加熱である 150℃ の方が高温加熱の 250℃ に比べて有意に長くかかり、焼成温度 150℃ と 250℃ での 75℃ 到達時間の差は過熱水蒸気の方が小さかった。過熱水蒸気 150℃ の場合、加熱初期には過熱水蒸気 250℃ とよ

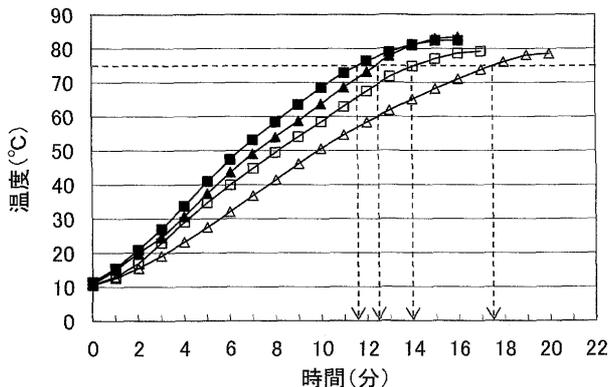


図 1. 中心底面から 12 mm 点の平均中心温度履歴

n = 10

■: 過熱水蒸気機能 250℃ 設定 ▲: オープン機能 250℃ 設定
 □: 過熱水蒸気機能 150℃ 設定 △: オープン機能 150℃ 設定
 過熱水蒸気機能: 過熱水蒸気オープンのウォーターオープン・ロースト設定, 内部温度 75℃ 到達まで焼成
 オープン機能: 過熱水蒸気オープンのオープン設定, 内部温度 75℃ 到達まで焼成

表 2. 製品の 75℃ 到達時間と 75℃ 以上保持時間

焼成条件	設定温度(℃)	到達時間	保持時間
過熱水蒸気機能	150	13 分 50 秒 ± 46.4 秒	6 分 02 秒 ± 37.1 秒
	250	11 分 24 秒 ± 40.4 秒	8 分 46 秒 ± 42.7 秒
オープン機能	150	17 分 30 秒 ± 23.1 秒	4 分 54 秒 ± 20.9 秒
	250	12 分 23 秒 ± 39.8 秒	7 分 52 秒 ± 44.2 秒

n = 10

平均値 ± 標準偏差

過熱水蒸気機能: 過熱水蒸気オープンのウォーターオープン・ロースト設定, 内部温度 75℃ 到達まで焼成
 オープン機能: 過熱水蒸気オープンのオープン設定, 内部温度 75℃ 到達まで焼成

保持時間: 焼成終了後オープン内から取り出し, オープン皿上で中心温度が再び 75℃ に戻るまでの時間

**p < 0.01

く似た温度履歴を示し、以後 6 分くらいまではオープンの 250℃ とほとんど変わらない温度履歴を示した。そしてその後もオープン 150℃ よりもオープン 250℃ に近い温度履歴であった。

同じ低温加熱であっても過熱水蒸気 150℃ の方が、従来のオープン 150℃ に比べて加熱初期の温度上昇が大きく、その後も高い温度を維持するのは、食品表面に付着した水蒸気が凝縮して潜熱を放出し高い伝熱速度を示すとされる過熱水蒸気の特性に因るものであり⁴⁾、過熱水蒸気では低温加熱でも加熱初期においては、オープン 250℃ にほぼ匹敵する程度の伝熱速度になっていることが特徴的であった。

次いで焼成終了後の 75℃ 以上保持時間は、過熱水蒸気とオープンともに、150℃ は 250℃ より短かった。加熱終了後も余熱で中心温度は上がるが、焼成終了時の製品中心温度が 75℃ と同じであっても、加熱終了時の表面温度の低い 150℃ 加熱のハンバーグの方が温度の上昇が小さく、冷めやすい製品になったと考えられた。

2. 製品の重量・形状(厚さ, 直径)

焼成直後と 30 分間室温放置した製品の重量, 厚さ, 直径を表 3 に示した。焼成直後の製品重量の多少は製品内部に保持される肉汁や油脂, 水分量などの変動をはかる目安の一つとなるものであり、ハンバーグのジューシーさとも関連性の深い要因の一つであるが、本報の製品重量は、過熱水蒸気とオープンともに 150℃ と 250℃ 間の有意差は認められなかった。過熱水蒸気とオープンともに焼成温度の高温, 低温による焼成時間の長短に関係なく、焼成終了時の中心温度を 75℃ としたときには、焼成直後の製品重量はほぼ同様な結果を示し、過熱水蒸気特有の急速加熱による重量変化への顕著な影響は認められなかった。これは後述する焼成後に製品から採取した肉汁量の動向とも一致する結果であった。

次に室温放置 30 分経過後の製品重量は、焼成直後の重量に比べすべての場合において明らかに軽くなり、放冷中の水分蒸発が考えられた。焼成温度間では、過熱水蒸気は有意差には至らなかったが 150℃ は 250℃ より重くなる傾向にあり、オープンでは 150℃ は 250℃ より有意に重くなった (p < 0.05)。これは 75℃ 以上保持時間の違いで述べ

過熱水蒸気オープンを用いた時のハンバーグステーキ焼成温度の違いがジューシーさやおいしさに及ぼす影響

表3. 製品の重量・厚さ・直径

焼成条件	設定温度(℃)	焼成直後重量(g)	焼成30分後重量(g)	厚さ(mm)	直径(mm)
過熱水蒸気機能	150	79.1±1.7	74.9±2.3	25.3±1.9	65.3±2.5
	250	78.7±2.6]n.s.	72.5±2.7]n.s.	26.7±1.6]n.s.	62.5±2.1]*
オープン機能	150	78.9±3.4]n.s.	75.0±1.6]*	23.2±0.7]**	67.3±3.5]*
	250	78.1±1.7]n.s.	73.5±1.2]*	25.7±0.9]**	64.8±2.7]*

n=10

平均値±標準偏差

焼成前の生地重量 100 g, 直径 83 mm, 厚さ 20 mm

過熱水蒸気機能：過熱水蒸気オープンのウォーターオープン・ロースト設定, 内部温度 75℃ 到達まで焼成, 直径と厚さは 30 分後に測定

オープン機能：過熱水蒸気オープンのオープン設定, 内部温度 75℃ 到達まで焼成, 直径と厚さは 30 分後に測定

*p<0.05, **p<0.01, n.s. 有意差なし

表4. 製品から採取した肉汁量と肉汁中の油脂量と及びオープン皿残物量と残物中の油脂量

焼成条件	設定温度(℃)	製品中		オープン皿中	
		肉汁量(g)	肉汁中の油脂量(ml)	残物量(g)	残物中の油脂量(ml)
過熱水蒸気機能	150	12.9±1.3	3.6±0.7	41.5±3.4	22.7±3.9
	250	12.6±2.1]n.s.	3.4±1.2]n.s.	26.4±3.9]**	20.1±2.2]n.s.
オープン機能	150	12.8±1.4]n.s.	3.5±0.6]n.s.	32.6±2.9]**	24.0±3.9]**
	250	11.8±1.8]n.s.	3.3±1.2]n.s.	26.0±2.7]**	19.4±1.7]**

n=10

平均値±標準偏差

過熱水蒸気機能：過熱水蒸気オープンのウォーターオープン・ロースト設定, 内部温度 75℃ 到達まで焼成

オープン機能：過熱水蒸気オープンのオープン設定, 内部温度 75℃ 到達まで焼成

**p<0.01, n.s. 有意差なし

た理由と同様に、焼成終了時の製品中心温度が 75℃ と同じであっても、表面部分の温度が異なるため、水分蒸発量も異なったためと考えられた。

形状の厚みは、過熱水蒸気では 150℃ と 250℃ 間に有意な差はなかったが、オープンでは、150℃ は 250℃ より厚みが小さくなった ($p<0.05$)。既報¹¹⁾で、上方向の膨らみは主に生地の体積膨張や発生する気体に押し上げられておこり、それは表面が焦げて膨張を抑制するまでの間継続することを報告した。本実験での平均内部温度履歴(図1)を確認すると、過熱水蒸気 150℃ と 250℃ の初期の温度上昇の差は小さく、このことが過熱水蒸気において焼成温度の違いが製品の厚みに及ぼす影響が少なかった要因と考えられた。

直径は、過熱水蒸気とオープンともに、150℃ は 250℃ より大きくなった ($p<0.05$)。既報¹¹⁾で、生地の直径は上方向への膨張による厚みの増大に伴って縮小することを報告したが、本実験でも同様に、厚みが大きい製品ほど直径が小さい傾向を示した。

3. 肉汁量と油脂量

焼成後の製品から採取した肉汁量と肉汁中の油脂量、およびオープン皿残物量と残物中の油脂量を表4に示した。製品から採取した肉汁量は、過熱水蒸気とオープンともに、低温加熱の 150℃ と高温加熱の 250℃ 間の有意差は認められなかった。一方オープン皿残物量は、過熱水蒸気とオープンともに 150℃ の方が 250℃ に比べて多かった ($p<0.01$)。150℃ の方が、あたかも製品から肉汁が多く流出

したようにみえるが、焼成直後の製品重量や製品から採取した肉汁量に差がなかったことから、残物重量の差は製品から流出した肉汁量の差ではなく、焼成温度の違いによる焼成中のオープン皿からの水分蒸発量の差が影響したものと考えられた。

今回のようにハンバーグを試料とし、中心温度 75℃ まで焼成した場合には、150℃ という低温加熱であっても、また 250℃ という高温加熱であっても、焼成時間の長短に関係なく焼成終了時の内部温度が同じであれば、製品重量は変わらず、その製品が含む肉汁量にも差がない製品に焼き上がる結果となった。すなわち家庭用過熱水蒸気オープンの過熱水蒸気による調理では、ハンバーグのジューシーさやジューシーさに関与する要因の一つである肉汁量への焼成温度による影響はほとんど認められないということが示された。

また脱油を調べる目的で測定した肉汁中の油脂量や残物中の油脂量は、過熱水蒸気では試料間に有意差はなく、焼成温度の違いによる脱油効果は認められなかった。酒井ら⁴⁾の鶏手羽先肉を試料として中心温度 75℃ まで加熱実験した時、過熱水蒸気温度が高いほど脱油率が大きくなるとの報告と異なる結果であった。それは、試料が鶏手羽先という比較的、表面の脂質含量が高く、脂質が直接水蒸気と反応しやすい試料に比べ、ハンバーグは数種類の食材の混合物で、脂身が赤身の中に分散し、直接水蒸気と反応しにくい構造の状態にあり、脂質含量も 16% とそれほど高くない試料あるためだと考えられた。また、杉山ら¹⁵⁾の

報告では、業務用オープンと家庭用オープンの蒸気量を比較した場合、蒸気量は機種により大きく異なり、家庭用は業務用より蒸気量が低いことが確認されている。本報では蒸気量の比較的低い家庭用オープンを用いていることから、中心温度を同じく75℃まで焼成した場合でも、過熱水蒸気の特長や焼成温度による影響があらわれにくかったのではないかと推察している。過熱水蒸気オープンの研究成果については、食品の種類、サンプルの取り方、加熱方法、加熱温度などで簡単に変わる¹⁰⁾とする報告もみられることから、さらなる検討をしていきたいと考えている。

オープン皿残物中の油脂量はオープンでは焼成温度間に有意差があり、低温加熱の150℃では有意に多い脱油が認められた。オープン150℃は過熱水蒸気150℃と異なり、初期の温度上昇が遅く、75℃到達までに最も長い時間を要した。この焼成時間の長さが、製品3個分で4.6mlと少量ではあるが油脂の流出に関与したと思われる。

4. 焼き色

G値70以下の濃い焼き色のついた面積の全領域面積に対する割合を図2に示した。過熱水蒸気とオープンともに、150℃の方が250℃に比べ濃い焼き色の面積の割合が少な

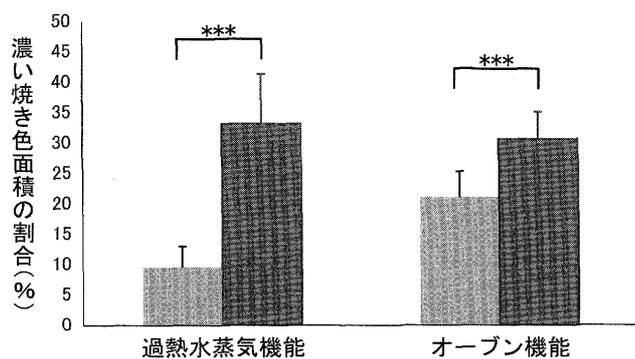


図2. 表面の焼き色

n=10

■: 150℃設定 □: 250℃設定

過熱水蒸気機能: 過熱水蒸気オープンのウォーターオープン・ロースト設定, 内部温度75℃到達まで焼成, 20分後に写真撮影

オープン機能: 過熱水蒸気オープンのオープン設定, 内部温度75℃到達まで焼成, 20分後に写真撮影

***p<0.001

くなった (P<0.001)。焼成温度が低いほど焼成時間は長くなるが、製品表面に接する空気温度がハンバーグ表面の焼き色に影響し、焼成温度が低いほど焼き色がうすくなることが確認された。

焼成温度の違いによる焼き色の差は、過熱水蒸気に大きく認められ、過熱水蒸気150℃の製品は焼き色が最も薄かった。過熱水蒸気150℃の焼成時間(表2)はオープン150℃より3分40秒も短く、この焼成時間の短さが焼き色に影響を及ぼしたと思われる。過熱水蒸気による加熱では初期の温度上昇が速い³⁾ことから、従来のオープンに比べて焼成時間が短縮され、この短縮幅は低温加熱の方が顕著に影響を受ける。このため過熱水蒸気による加熱では、低温加熱であるほど、オープン加熱との焼き色の差が大きくなると考えられた。

5. 物性

製品のハンバーグは数種類の食材の混合物であり、クリープメーターを用いた破断強度試験では同一条件の製品間においてさえ破断歪率に大きなばらつきがみられた。そこで、測定したものの中より製品厚みの4分の3である歪率75%までに破断が生じた製品の破断強度試験結果を表5に示した。

過熱水蒸気では破断荷重、破断歪率、もろさ荷重において焼成温度間に有意差は認められず、焼成温度の違いによる破断時の物性に違いをみつけることができなかった。しかしオープンではもろさ荷重は150℃の方が250℃より小さくなり (P<0.05)、オープン150℃は組織が250℃より密である可能性が示唆された。

6. 官能評価

焼成温度の違いによる食味を調べるため、150℃と250℃のハンバーグを用いて官能評価を行い、過熱水蒸気の結果を図3に、オープンの結果を図4に示した。

過熱水蒸気とオープンともに、150℃は250℃に比べ「ハンバーグの色」はうすく (P<0.01)、「香ばしい香り」は弱い (P<0.01) と評価された。製品写真の画像解析結果でも150℃の方が焼き色はうすく、この焼き色のうすさが香ばしい香りの強弱に影響したと考えられた。また今回注目したハンバーグの「食べた時のジューシーさ」や「食べ

表5. 破断強度解析*1

	設定温度(℃)	破断荷重(N)	破断歪率(%)	もろさ荷重(N)
過熱水蒸気機能	150	3.59±0.93	49.79±10.90]n.s.	0.40±0.39]n.s.
	250	3.96±0.97		
オープン機能	150	4.36±1.03	53.82±13.70]n.s.	0.14±0.08]*
	250	3.67±1.14		

*1: 歪率75%以内で破断したもの

過熱水蒸気機能の150℃設定はn=8, 250℃設定はn=9, オープン機能の150℃はn=7, 250℃はn=8
 平均値±標準偏差

過熱水蒸気機能: 過熱水蒸気オープンのウォーターオープン・ロースト設定, 内部温度75℃到達まで焼成
 オープン機能: 過熱水蒸気オープンのオープン設定, 内部温度75℃到達まで焼成

*p<0.05, n.s. 有意差なし

過熱水蒸気オープンを用いた時のハンバーグステーキ焼成温度の違いがジューシーさやおいしさに及ぼす影響

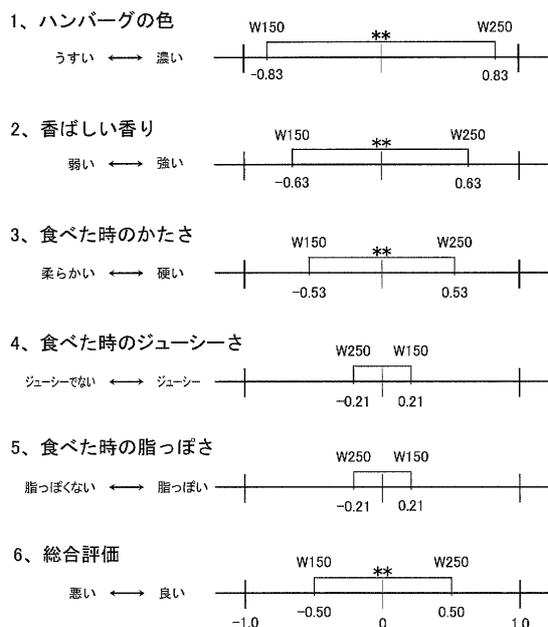


図3. ハンバーグの官能評価結果(過熱水蒸気機能の場合)
 W 150: 過熱水蒸気機能 150℃ 設定で焼成したハンバーグ
 W 250: 過熱水蒸気機能 250℃ 設定で焼成したハンバーグ
 過熱水蒸気機能: 過熱水蒸気オープンのウォーターオープン・
 ロースト設定, 内部温度 75℃ 到達まで焼成
 **p<0.01

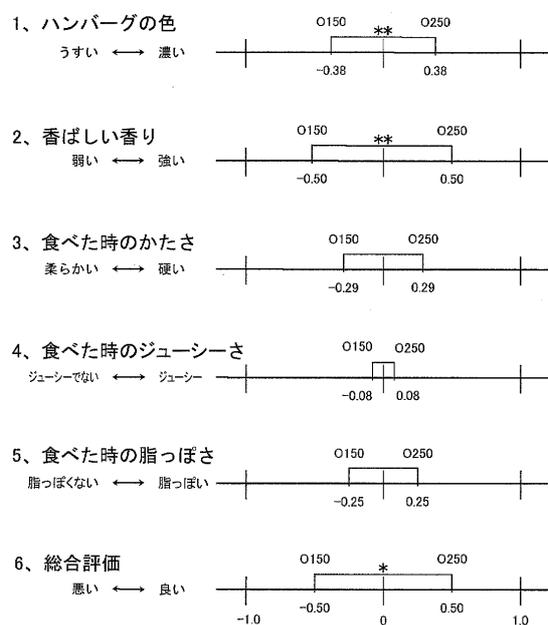


図4. ハンバーグの官能評価結果(オープン機能の場合)
 O 150: オープン機能 150℃ 設定で焼成したハンバーグ
 O 250: オープン機能 250℃ 設定で焼成したハンバーグ
 オープン機能: 過熱水蒸気オープンのオープン設定, 内部温度 75℃ 到達まで焼成
 *p<0.05, **p<0.01

た時の脂っぽさ」については前述した実験結果と同様に焼成温度間に差が認められなかった。

破断強度試験では有意差を見出せなかったが, 本評価の「食べた時のかたさ」は過熱水蒸気では焼成温度が低い 150℃の方が柔らかい (P<0.01) と評価された。

総合評価は低温加熱の 150℃の方が高温加熱の 250℃に比べて有意に悪いと評価され(過熱水蒸気 P<0.01, オープン P<0.05), その要因は適度な焼き色を得ることができない事と思われた。すなわちハンバーグをはじめ肉類や魚などを焼く調理では, 表面の濃い焼き色は見た目のおいしさだけでなく, 香ばしい香りを生成し, またアミノカルボニル反応が進むことから, 肉汁の旨味成分へも影響を及ぼしているものと考えられる。

一般家庭でハンバーグを焼成する際は, 外が焼けても中が生といった失敗事例が多く, 焼き終わりの判断は難しい。焦げ色は後で調節可能であり, 低温で加熱する方が失敗が少なく, 食感も柔らかいハンバーグに仕上がる。また, 加熱に時間を要する表面の焦げ色の調節が難しい料理, 例えばミートローフなど厚みのある料理は過熱水蒸気の低温加熱が向いていると思われる。過熱水蒸気を用いる調理では, 今後, 焼き色とおいしさとの関連性が主要な検討課題となってくるものと考えられる。

今日, 過熱水蒸気調理機器の健康上の効果に対する一般の関心が特に高まっていることもあり, 過熱水蒸気を用いた調理過程における食品中の熱や水分, 油脂成分などの移動が各種製品の品質やおいしさに及ぼす影響について今後さらに解明し, それぞれの製品に適した調理条件を見出していくことが必要ではないかと考えている。

要約

近年開発された家庭用過熱水蒸気オープンの調理機能を詳しく検討することを目的に, 本報ではハンバーグを焼成する時の焼成温度に着目し, 過熱水蒸気とオープンによる高温加熱(250℃)と低温加熱(150℃)での焼成を行い, ハンバーグのジューシーさとの関連が深い肉汁量や肉汁中の油脂量をはじめとする製品への影響について焼成温度間の比較を試みた。試料は内部温度が食品衛生上安全とされる 75℃ 到達まで焼成を行なった。

1. 過熱水蒸気は, 低温加熱であっても加熱初期の中心温度上昇は高温加熱と同程度に速かった。このことからオープンに比べ低温加熱時の焼成温度 150℃と 250℃での 75℃ 到達時間の差は小さくなり, 製品厚さは高温加熱に近いものとなった。
2. 製品重量や肉汁量は, 過熱水蒸気では焼成温度間に有意差はなく, 低温加熱であっても高温加熱と変わらないジューシーなハンバーグが得られた。
3. 焼成直後の肉汁中の油脂量やオープン皿残物中の油脂量は, 過熱水蒸気では焼成温度間に有意差はなかった。

これは家庭用過熱水蒸気オーブンをを用いたハンバーグの調理では、過熱水蒸気による脱油効果はほとんど認められないことを示すものであり、これは前報¹¹⁾とも一致する結果であった。

4. 過熱水蒸気の低温加熱での焼き色は、同高温加熱との75℃到達時間の差がオーブン加熱のそれに比べて小さかったことが影響し、顕著にうすいものとなった。
5. 官能評価の結果、濃い焼き色は製品に香ばしい香りを与え、総合評価を高める要因になったと考えられた。
6. 過熱水蒸気を用いる調理では、低温加熱は焼き色がつきにくいものの、ジューシー感は高温加熱と同等であり、加熱に時間を要するハンバーグやミートローフなどの厚みのある料理に向いていると考えられる。今後、焼き色とおいしさとの関連性が主要な検討課題となってくるものと考えられる。

試料をご提供いただきました丸大食品株式会社、官能評価にご協力いただきました千里金蘭大学食物栄養学科教員の皆様に感謝いたします。

本研究の一部概要は、日本調理科学会平成21年度大会研究発表会(同志社女子大学 2009年8月28日)において発表した。

文 献

- 1) 鈴木寛一(2005), 過熱水蒸気の特徴, 「過熱水蒸気技術集成」, 吉田隆, 株式会社エヌ・ティー・エス, 東京, pp. 1-15
- 2) 伊興田浩志, 野呂奉弘(2005), 過熱水蒸気の基礎, 食品工業, **48**(14), 20-28
- 3) 伊興田浩志(2005), 過熱水蒸気加熱, 日本食品工学会第6回年次大会講演要旨集, p. 1

- 4) 酒井昇, 福岡美香(2005), 過熱水蒸気を用いた食品のベーキング, 食品工業, **48**(14), 40-48
- 5) 門馬哲也, 岸本卓士, 田中源基, 高見星司(2006), 過熱水蒸気による健康調理技術の開発, 日調科誌, **39**, 163-166
- 6) Philippe, B. and Patricia, F. (1995), Vitamin C destruction during the cooking of a potato dish, *Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie*, **28**, 506-514
- 7) 山田晶子, 杉山智美, 渋谷祥子(2002), スチームコンベクションオーブンの加熱特性, 家政誌, **53**, 331-337
- 8) 渋谷祥子, 大石恭子(2006), 肉類の調理加工に過熱水蒸気を用いることの効果, 食肉に関する助成研究調査報告書, **24**, 220-226
- 9) 大石恭子, 渋谷祥子(2008), 過熱水蒸気が焼製品の調理特性に与える影響—スポンジケーキの焙焼—, 日調科誌, **41**, 18-25
- 10) 渋谷祥子(2009), 加熱上手はお料理上手, 建帛社, 東京, pp. 84-102
- 11) 日本調理科学会近畿支部焼く分科会(2007), 過熱水蒸気オーブンをを用いた調理に関する基礎的研究(ハンバーグステーキ焼成時の温度履歴と製品について), 日調科誌, **40**, 420-426
- 12) 日本調理科学会近畿支部焼く分科会(1999 a), ハンバーグステーキ焼成時の内部温度(腸管出血性大腸菌 O157に関連して)(第1報)焼成条件の違いが内部温度に及ぼす影響, 日調科誌, **32**, 338-345
- 13) 日本調理科学会近畿支部焼く分科会(1999 b), ハンバーグステーキ焼成時の内部温度(腸管出血性大腸菌 O157に関連して)(第3報)牛肉ハンバーグステーキの肉汁の状態から見た焼き終わりの判定, 日調科誌, **32**, 288-294
- 14) 辰口直子, 安部加奈子, 杉山久仁子, 渋谷祥子(2004), 炭焼き加熱特性の解析(第1報)熱流束一定条件下での伝熱特性の比較, 家政誌, **55**, 707-714
- 15) 杉山久仁子ら(2009), 蒸気供給によるオーブンの加熱特性の変化と脱脂効果, 日本調理科学会平成21年度大会研究発表要旨集, p. 75

(平成22年11月19日受付, 平成23年9月14日受理)

和文抄録

過熱水蒸気で焼成した製品の特徴を明らかにするために、家庭用過熱水蒸気オーブンの過熱水蒸気機能とオーブン機能を用いて、低温加熱(150℃)と高温加熱(250℃)でハンバーグの焼成を行った。試料内部温度が75℃になるまで焼成を行った。加熱初期の温度上昇速度は、過熱水蒸気では低温加熱は高温加熱と同様に速かった。製品重量や製品から採取した肉汁量は焼成温度の違いによる差はなかった。官能評価において、低温加熱の方が焼き色は薄く($p < 0.001$)、香ばしい香りは弱く($p < 0.01$)、総合評価は悪かった($p < 0.01$)。しかし、ジューシーさと脂っぽさは差がなかった。このことから、過熱水蒸気の低温加熱は、加熱時間を長く要する料理に向いていると考えられる。