

加熱方法の異なる鶏肉の物性と食味評価

Sensory Attributes of Chicken Cooked by Different Methods

田中佐知^{*§} 早瀬明子^{**} 栗津原元子^{***} 香西みどり^{***}

Sachi Tanaka

Akiko Hayase

Motoko Awazuhara

Midori Kasai

The sensory attributes of cooked chicken thigh meat were investigated to develop the optimum cooking sequence with a combination microwave oven. The chicken thigh meat was cooked by three different methods: heating by microwave (800 W for 8 min, M sample), heating by convection heater (210°C for 40 min, O sample), and combination heating (microwave at 800 W for 5 min and convection at 210°C for 25 min, C sample). The temperature difference between the surface and inside was large in the order of the O>C>M samples. The O sample was lighter in weight than the other two, and the M sample was softer than the others. A sensory evaluation showed that the C and O samples were preferred over the M sample. Since the C sample needed less cooking time than the O sample, C was the best method for cooking chicken thigh meat in a combination microwave oven.

キーワード：鶏もも肉 chicken thigh meat；加熱調理 cooking；温度履歴 temperature history；オープンレンジ microwave oven

緒言

調理器具であるオープンレンジは、マイクロ波による電子レンジ加熱と、電気ヒータやガスによるオープン加熱の機能を備えており、自動調理の際には対象とする料理の種類に応じて電子レンジ加熱とオープン加熱を適切に制御している。使用者は食品を庫内に入れてメニューを選び、操作ボタンで指示するだけで、食品の加熱調理をすることができる。近年、オープンレンジを用いて食肉や野菜を自動的に調理するニーズが高まってきており、オープンレンジの開発にあたっては、短時間で多くの人に好まれる調理状態に仕上がるように、電子レンジ加熱とオープン加熱を適切に組み合わせて加熱調理を行う自動調理方法の開発が必要とされている。

電子レンジ加熱は食品を内部から加熱する誘電加熱であり、局所的に急激な温度上昇が発生しやすく、またオープン加熱では、ヒータで加熱された壁からの輻射と空気からの対流により食品は外側から複合的に加熱されるなど、それぞれ異なる特徴を持つことが広く知られている¹⁻³⁾。それらの加熱の特徴を明らかにするために、電子レンジ加熱やオープン加熱を用いた食品の温度履歴の測定が報告されている。電子レンジ加熱については、島田ら⁴⁾が、試料として水と油を用いて、それらの混合割合や分散状態、体積によって温度上昇の程度が異なることを報告している。ま

た中村ら⁵⁾は、塩化ナトリウムを添加した水において、マイクロ波加熱時の温度上昇と水分蒸発量が純水と異なることを報告している。オープン加熱については、山田ら⁶⁾が、スチームコンベクションオープンを用いてジャガイモの加熱について報告しているほか、杉山ら⁷⁾や日本調理科学会近畿支部焼く分科会⁸⁾が、庫内温度や食材種類による調理状況の違いについて報告している。

また、加熱調理した食品の物性を測定し、食味評価を行った研究が報告されている。西念ら⁹⁾は、鶏肉を対象として真空調理を行った場合の物性と食味を測定し、歩留まりが高く好まれる調理温度と時間を報告している。小出ら¹⁰⁾は、鶏腿肉を対象に年代別嗜好評価を行い、パネルの年代によって好まれる鶏肉の理化学的特性が異なることを明らかにしている。

電子レンジ加熱とオープン加熱を組み合わせた加熱については、市川ら¹¹⁾がスポンジケーキを対象として、また中里ら¹²⁾が甘藷を対象として、オープン加熱単独よりも電子レンジ加熱を組み合わせることで、加熱時間が短縮できること、官能評価による好ましさは低下しないことを報告している。しかし、電子レンジ加熱とオープン加熱を組み合わせた加熱において、食肉を対象として加熱調理時の温度履歴や理化学特性の測定、物性と関連する食味評価を行った報告はあまり見当たらない。

また、加熱調理後の食肉のうまみ成分であるイノシン酸とグルタミン酸に着目すると、イノシン酸の分解酵素であるフォスファターゼの活性が高い温度帯では、昇温加熱の速度が速い方が調理物に含まれるイノシン酸が多く¹³⁾、グルタミン酸の生成酵素であるプロテアーゼの活性が高い温度帯では、同じ温度帯で長時間加熱した方が調理物に含まれるグルタミン酸量が多い¹⁴⁾とそれぞれ報告されている。これらの研究により、加熱調理の過程において、フォスファ

* (株)日立製作所 機械研究所
(Hitachi, Ltd. Mechanical Engineering Research Lab.)

** 日立アプライアンス(株)
(Hitachi Appliances, Inc.)

*** お茶の水女子大学大学院人間文化創成科学研究科
(Ochanomizu University Graduate School of Humanities and Sciences)

§ 連絡先 (株)日立製作所 機械研究所
〒312-0034 茨城県ひたちなか市堀口 832-2
TEL 029(353)3366 FAX 029(353)3857

ターゼ活性の高い温度帯は素早く通過させてイノシン酸を保持し、プロテアーゼ活性の高い温度帯をじっくり通過させてグルタミン酸を増加させることによって、うまみ成分であるイノシン酸とグルタミン酸をより多く含んだ状態に食品を仕上げられることが期待される。

本研究では、多くの人に好まれる食肉の自動調理機能の開発を目的として、オープンレンジを用いた電子レンジ加熱、オープン加熱、およびそれらを組み合わせた組合せ加熱によって食品の加熱調理を行い、嗜好性の高い食品の調理方法を検討した。具体的にはそれぞれの加熱方法において、家庭で調理に供される不均一な固まり肉を試料に用いて物性測定と官能検査を行った。

本報告では家庭での調理を想定し、加熱調理方法によって食感に違いが出やすい鶏もも肉を用いて、加熱調理中の食品の温度履歴の測定、調理物の物理的特性の評価を行った。更に、物理的特性の測定結果と官能評価を対応させ、おいしさを物理的特性を用いて定量的に評価し、嗜好性の高い食品を加熱調理するための加熱方法について検討を行った結果を報告する。

実験方法

1. 試料の調整方法

ブロイラーの皮つき鶏もも肉を小売店から購入し、大きさ約 170 mm×120 mm×厚さ 20 mm、重量 250 g±10 g に調整して実験用の試料とした。

試料の加熱にはオープンレンジ（日立 MRO-BV 100）を使用した。実験に供したオープンレンジの概略図を図 1 に示す。このオープンレンジは天井壁面に設けた平面ヒータ、奥壁面の外側に設けた管ヒータとファンによって食品を加熱するコンベクションオープンである。平面ヒータと管ヒータは庫内に露出していない。オープンレンジは、レンジ出力 100～1,000 W、オープン温度 160～250℃ の範囲で出力や温度を設定できる。1 回の実験で 1 枚の試料を用い、オープンレンジ内に配置した焼き網（高さ 100 mm）上の中心に、皮を上側に、試料の長手方向をオープンレン

ジの横方向に合わせて試料を置き、加熱調理を行った。

本実験の加熱方法は (M) 電子レンジ加熱 (500 W 出力の電子レンジ加熱)、(O) オープン加熱 (210℃ 設定のコンベクションオープン加熱)、(C) 組合せ加熱 ((M) と (O) を組み合わせた加熱) の 3 種類とした。ここで (C) 組合せ加熱に関しては、緒言にて前述したように、うまみ成分をより多く含んだ加熱調理を行う狙いから、先に電子レンジ加熱により急速に試料の温度を上昇させて、後にオープン加熱により試料温度を保持する組合せ方とした。

実験中はオープンレンジ周囲の環境温度を 25℃±5℃ に設定し、オープン庫内の空気温度が 25℃ に安定している状態から予熱なしで加熱を開始した。試料は実験前に冷蔵庫から取り出して室温に放置し、中心温度が 20℃±5℃ の状態から実験を開始した。

予備実験により、同じ加熱時間で加熱実験を繰り返した場合に中心部分の温度変動が小さく安定しやすい加熱終了温度は約 90℃ であることを確認し、レンジ加熱とオープン加熱では試料中心温度が約 90℃ に到達するまでの時間を本実験での加熱時間とした。また組合せ加熱では、うまみ成分の保持を狙い、中心部分の試料温度が約 60℃ に達するまでを電子レンジ加熱とし、その後オープン加熱に切り替えて約 90℃ に到達するまでの時間を加熱時間とした。予備実験から定めた各々の加熱時間は、電子レンジ加熱では 8 分間、オープン加熱では 40 分間、組合せ加熱では電子レンジ加熱 5 分間の後オープン加熱 25 分間の計 30 分間とした。

実験は、市販のオープンレンジを用いて自動調理をする場合を想定し、調理時間と消費電力量（レンジ出力、ヒータ出力）を一定にした状態で繰り返し実験を行った。

成分測定実験（水分、脂質）の場合は、加熱調理後の試料は余熱による調理が進行しないようにすぐにポリ袋に入れて氷水（5℃）に浸して冷却し、冷蔵保存のまま測定に供した。その他の物性を測定する実験では、加熱調理後に常温（25℃）になるまで放置した後に測定を行った。測定 1 項目、加熱調理方法 1 種類に対して 3 枚の試料を用いて 3 回の加熱調理実験を繰り返し行い、それぞれの試料の全体あるいは中心部分を取り出して測定に供した。部位による測定ばらつきをなるべく少なくするため、同じ測定においては全て同じ部位（試料中心の筋肉部分）からサンプルを採取して測定した。

2. 温度測定

温度測定は、オープン加熱の場合は K 型熱電対（素線径 0.3 mm）を、電子レンジ加熱や組合せ加熱など庫内にマイクロ波を照射する場合は光ファイバー式蛍光温度計（Neoplex 社製 Reflex-4、太さ 1.4 mm）を用いた。試料上面中央部分に上方（皮目）から孔を開け、図 1 に示すように深さ 10 mm の位置（中心部分）と深さ 2 mm の位置（皮と肉の境目、本報告では表面部と定義）に熱電対あるいは

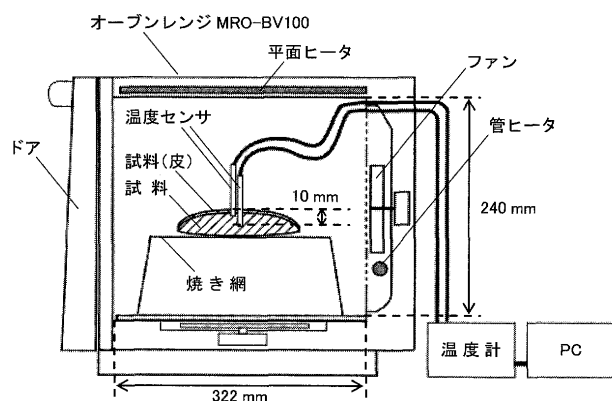


図 1. 実験装置の概略図

光ファイバー式蛍光温度計のプロープを挿入して固定することで温度を測定した。熱電対や温度プロープは庫内壁面の排気孔を通して外部に取り出し、温度計本体を介してPCに接続して測定を行った。本実験では皮つきの鶏もも肉をそのまま試料として使用しており、試料に温度分布があるため測定位置によって温度測定結果にばらつきが生じる。測定位置を長さ方向、深さ方向に等間隔で3か所ずつとった予備実験の結果、試料の厚さが一定部分の中心では、他の部分に比べて最も温度が安定的に測定できることを確認したことから、中心部分の温度を代表温度として測定することにした。

3. 物性測定

1) 重量, 面積

加熱調理前後の試料重量を測定した。また、加熱調理前後の試料を上方同一距離からデジタルカメラで撮影し、その画像から上面投影面積を画像処理により求め、加熱前後の面積を比較した。本測定は試料全体を皮つきのまま測定を行った。

2) 水分, 脂質

加熱調理前後の試料の皮を取り除いた肉部分の全体（加熱調理前は約210g、加熱調理後は約140g）について、水分は常圧定時加熱乾燥法、脂質はエーテル抽出法を用いて、それぞれ測定した。

3) 多汁性

食感には、水分量や脂質量だけではなく、食品から出てくる肉汁の量が影響すると考えられるため、試料の肉部分に含まれる液体重量を測定した。加熱後の試料中心部の肉部分から約8gを取り出し、遠心分離機（日立工機CF16RX）を用いて、2,700Gで30分間遠心分離して試料の固体部分と液体部分の重量を測定した。遠心分離前の総重量に対する遠心分離して得られた液体重量の割合を多汁性と定義した。

4) 硬さ

試料の硬さは、テクスチャアナライザ（島津製作所EZ-Test）を用いて測定した。調理した食品を実際に食味する場合を想定して、調理物をそのまま口中で噛んだ際に感じられる硬さを測定するため、皮つき試料の硬さ測定を行った。加熱後の試料の皮を上にし、20×20mm×厚さ20mmに切り出して測定片を作成し、測定片の表面（皮）から深さ10mm（厚さの50%、圧縮率50%）の距離まで荷重を加えて硬さを測定した。プランジャは皮に垂直方向に移動することとし、プランジャの移動方向と試料の繊維方向は垂直とした。プランジャは直径3mmのニードル型プランジャとし、ロードセル50N、測定スピード1mm/secとして測定を行った。皮が破断したときの荷重を皮破断荷重、肉が破断したときの荷重を肉破断荷重とした。予備実験により皮つき試料と皮なし試料の破断荷重を測定し、皮の有無により肉破断荷重は有意に変化しないことを

確認している。

4. 官能評価

3種類の調理後の試料について順位法による官能評価を行った。評価項目は食味前に見ただけで評価する外観の好ましさ（外観評価）、および食味後の総合的な好ましさ（総合評価）とし、3種類の試料について好ましさを1位から3位まで順位をつけさせ、順位が1位の試料と3位の試料についてはその理由も記入させた。順位選択理由の評価は、評価用紙に予め与えた項目から選択させることにより行った。選択理由の項目は、自由記述により行った予備実験により得られた評価を集約して選定した。理由の選択は複数選択可能とした。

官能評価においては、試料の調理状態に差が出ないように、3台のオーブンレンジを用いて、3種類の加熱調理が全て同時に調理が終了するように加熱調理した。試料の温度変動による食味への影響を小さくするために、調理終了後に25℃の環境下で20分間放置し、常温（25℃）状態で評価を行った。試料は端のない同形状に揃えるために周囲約15mmを取り除き、皮付きのまま20mm角に切り出してサンプルとし、試料の味を直接比較するために調味料は使わず、色を認識しやすいように白色の皿に並べてパネルに供した。試料部位による差が出にくいよう、同一パネルには同一部位を試食させた。パネルは訓練されていない一般パネル72名（20～40代、男性59人、女性13人）とした。

結果および考察

1. 試料の外観とその温度

図2は、実験後の試料の外観である。電子レンジ加熱後は（M）、組合せ加熱後は（C）、オーブン加熱後は（O）として示す。電子レンジ加熱が最も色が薄く、続いて組み合わせ加熱、オーブン加熱の順に、焼き色が濃くなる傾向が得られた。これは試料表面温度が異なるからである。次に温度測定結果について述べる。

図3は、各種加熱方法における試料中心温度（実線）、試料表面温度（破線）の経時変化である。加熱時間は電子レンジ加熱で8分間、オーブン加熱で40分間、組合せ加熱で30分間である。試料中心温度は、予備実験により温度変動が少ないと考えていた試料中心の肉部分の温度を測定したが、オーブン加熱では実験の繰り返しによる試料中心温度の経時変化は再現性が高いのに対し、電子レンジ加熱では10～20℃程度の温度ばらつきが見られた。各種加熱方法において、ほぼ一定の温度上昇速度が得られる時間帯において温度上昇速度を比較すると、電子レンジ加熱では約12℃/min（時間1～3min）、オーブン加熱では約2.6℃/min（時間10～20min）で上昇し、組合せ加熱の場合は約12℃/min（時間1～3min）で上昇後に、約1.6℃/min（時間10～20min）に切り替わった。一方、試料表面温度は、電子レンジ加熱では約10℃/min（時間1～

加熱方法の異なる鶏肉の物性と食味評価

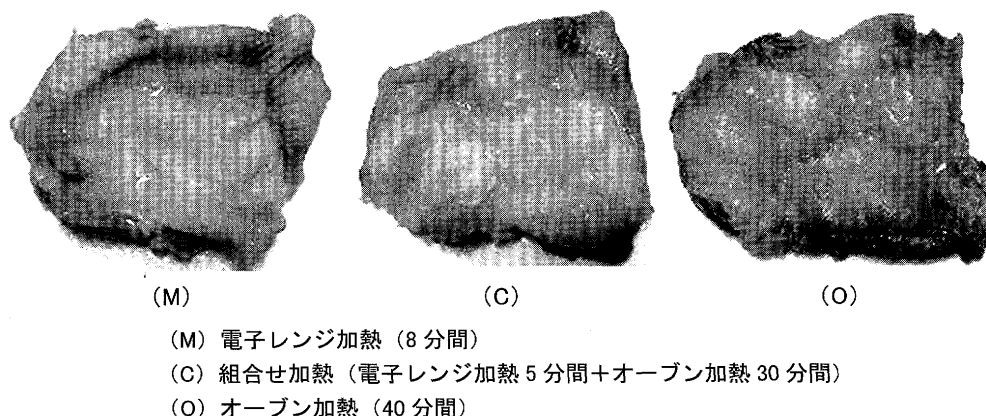
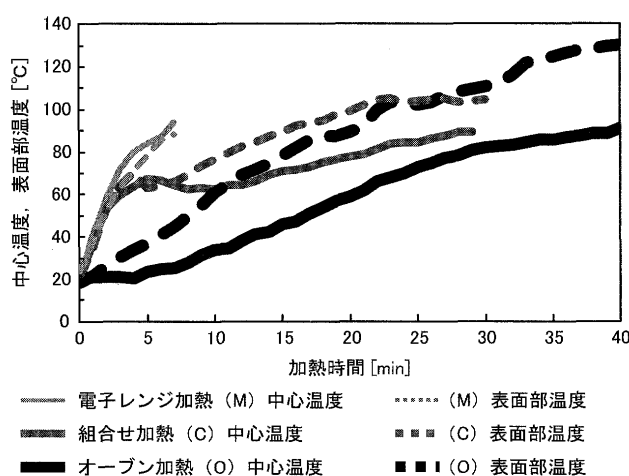


図2. 加熱後の試料外観



3 min) で中心温度よりも温度上昇速度が遅く、オーブン加熱では約 $3.7^{\circ}\text{C}/\text{min}$ (時間 10~20 min) で中心温度よりも温度上昇速度が速かった。また、表面から加熱するオーブン加熱では、試料中心温度が約 90°C (時間 40 min) の時の試料表面部温度が約 130°C となり、表面部温度と中心温度の差が約 40°C まで達した。電子レンジ加熱では、試料中心温度が約 93°C (時間 5 min) の時の試料表面部温度が約 88°C となり、表面部温度と中心温度の差は約 10°C 以下であり、オーブン加熱に比べて差が小さかった。

以上の通り、電子レンジ加熱では食品が持つ水分子の振動を利用して加熱するため、食品内部で温度分布は生じるが、中心部と表面部の温度差が小さい。一方、オーブン加熱では試料の表面は熱風による強制対流と、ヒータによって温められた天井面からの輻射熱により加熱され、その熱が内部へと伝導によって伝わることから、試料の中心温度よりも表面部温度が高くなり、中心温度を電子レンジ加熱と同温度まで加熱した場合には、オーブン加熱では電子レンジ加熱に比べて表面部温度が高くなる。またオーブン加熱の時間の長さとともに表面部温度が高くなった。そのため、電子レンジ加熱に比べて試料表面部温度が高いオーブ

ン加熱の方が焼き色が濃くなったと考える。

2. 物性測定

1) 重量、面積

表1は、各種加熱方法における加熱前後の重量、面積の測定結果である。加熱後の重量を加熱前の値で除し、百分率で表した値を保持率とする。物性測定は6回行い、それぞれ重量、面積、保持率を、その平均値と標準偏差 (SD) を示す。この測定値を多重比較検定 (Tukey 法) で解析した。1%の危険率で有意差が見られる試料には a, b の文字をそれぞれ記し、a と b の間には有意差があることを示す。試料の重量保持率のうち、オーブン加熱と電子レンジ加熱、オーブン加熱と組合せ加熱の間はそれぞれ1%の危険率で有意差がある。電子レンジ加熱の重量保持率は72%と最も高く、オーブン加熱では64%と最も低かった。全ての加熱調理において、試料からの肉汁の落下が目視で確認されており、電子レンジ加熱のような短時間加熱でも重量保持率が72%になったのは、主に肉汁の落下によるものと考えている。また、電子レンジ加熱に比べてオーブン加熱の重量保持率が低いのは、電子レンジ加熱の加熱時間8分間に比べてオーブン加熱の加熱時間は40分間と長く、またオーブン加熱では試料の表面部温度が高いことから、長時間の加熱の間に食品の表面から水分の蒸発が促進され、重量が減少したからだと考える。

試料の面積保持率は、重量保持率に比べてばらつきが大

表1. 各種加熱前後の重量・面積測定結果

	加熱前	加熱後	保持率 [%] (加熱後/前)
重量 [g]	254.02 ± 12.90	M 178.48 ± 20.27	71.9 ± 2.4 b
		C 176.65 ± 3.22	69.0 ± 1.0 b
		O 166.13 ± 4.57	64.4 ± 2.2 a
面積 [cm ²]	172.39 ± 15.16	M 111.35 ± 10.43	68.7 ± 4.7
		C 110.38 ± 10.17	64.0 ± 5.2
		O 113.51 ± 6.18	62.5 ± 5.5

(mean $\pm$ SD, n=6, ab 間: $p < 0.01$)

(M: 電子レンジ加熱, C: 組合せ加熱, O: オーブン加熱)

表2. 各種加熱前後の水分・脂質測定結果

	加熱前	加熱後	保持率 [%] (加熱後/前)
水分 [g/100 g]	72.43±1.72	M 63.97±0.99 C 63.90±0.30 O 61.90±1.11	57.3±3.5 58.0±1.9 53.3±6.9
脂質 [g/100 g]	8.16±2.01	M 10.20±0.85 C 8.90±0.61 O 10.50±1.65	84.1±20.8 73.7±12.8 81.4±15.1

(mean±SD, n=3, 重量補正あり)

(M: 電子レンジ加熱, C: 組合せ加熱, O: オープン加熱)

きく5%以下の危険率では有意差が見られなかったが、電子レンジ加熱における面積保持率が69%でオープン加熱の63%に比べて大きい傾向が観察されている。重量保持率の測定結果と同様に、オープン加熱の時間が長い程焼き縮みが進行することが推測される。

2) 水分, 脂質

表2は、各種加熱方法における加熱前後の水分、脂質の測定結果である。水分と脂質は単位重量あたりの重量として測定されるため、加熱調理過程における重量変動を考慮して重量補正を行った測定値から保持率を算出した。肉に含まれる水分保持率は組合せ加熱が58%、電子レンジ加熱は57%でほぼ同程度であり、オープン加熱は53%で最も小さい傾向が得られたが、有意差は得られなかった。また、重量保持率の測定結果では有意差が得られ、水分保持率では有意差が得られなかったのは、重量変動に関わる要素が筋肉部分の水分だけではなく、脂質や他の成分も関わっているためと考える。

試料の脂質保持率は、平均値を比較すると電子レンジ加熱とオープン加熱ではほぼ同程度であり、組合せ加熱では平均値は少ないが有意差は得られず、いずれの試料もばらつきが大きく一定の傾向は得られなかった。

3) 多汁性

図4は、多汁性の測定結果である。各種加熱方法において測定値のばらつきが大きく有意差は得られなかったが、組合せ加熱の21%に対し、電子レンジ加熱は16%、オープン加熱は14%であり、組合せ加熱が最も液体成分が多い傾向が得られた。また、組合せ加熱や電子レンジ加熱よりもオープン加熱ではばらつきが少ない結果が得られた。

4) 硬さ

図5は、各種加熱方法における試料表面からの距離に対する荷重の測定結果である。プランジャにより試料に荷重を加えていく過程において、目視で皮の破断を確認した時と、プランジャが肉の内部に到達した時と、荷重が大きく変動する箇所が2か所存在した。1度目の荷重変動箇所、すなわち皮が破断する時の最大荷重を皮破断荷重A（オープン加熱では(O)A: 2.5 N (深さ6.3 mm)）とし、2度目の荷重変動箇所の最大荷重を肉破断荷重B（オープン加

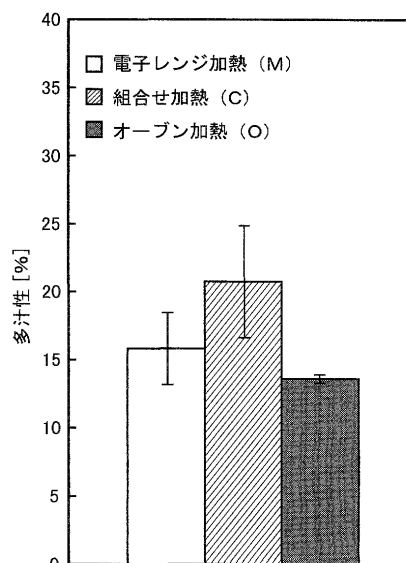


図4. 肉部の多汁性

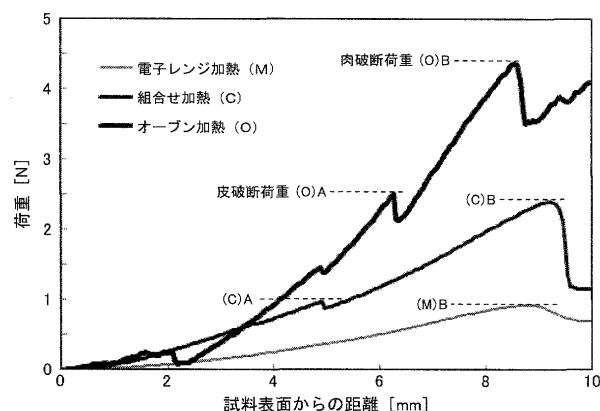


図5. テクスチャアナライザによる破断曲線

熱では(O)B: 4.4 N (深さ8.5 mm)と定義した。電子レンジ加熱の場合はプランジャの試料への接触と同時に皮が破断され、皮破断時に荷重の変動が存在しないため、皮破断荷重は測定できないため、測定過程における最大荷重を肉破断荷重(M)Bとした。

次に図5に示した試料表面からの距離と荷重の測定結果から、皮破断荷重と肉破断荷重について評価する。図6は、皮破断荷重と肉破断荷重の測定結果の平均値と標準偏差であり、ab間に5%危険率で有意差があり、aa間には有意差がないことを示す。皮破断荷重、肉破断荷重ともにオープン加熱と組合せ加熱間に有意差がある。オープン加熱の皮破断荷重は平均2.3 Nであり、組合せ加熱1.1 Nの2.1倍となる。電子レンジ加熱における皮破断荷重は測定できなかったが、組合せ加熱よりも小さいことが図5に示す測定結果から推測される。従って、皮破断荷重は小さい順に、電子レンジ加熱、組合せ加熱、オープン加熱であると考えられる。肉破断荷重は、皮破断荷重と同様に電子レンジ加熱が0.9 Nで最も柔らかく、オープン加熱は4.4 Nとなるので

加熱方法の異なる鶏肉の物性と食味評価

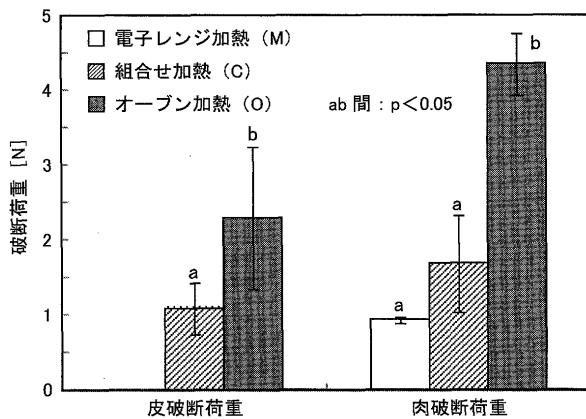


図6. 試料の皮部と肉部の破断荷重

最も硬かった。組合せ加熱における肉破断荷重(1.7 N)は、電子レンジ加熱(0.9 N)の1.9倍、オープン加熱(4.4 N)は電子レンジ加熱の4.9倍となる。肉破断荷重と皮破断荷重を比べると、組合せ加熱では、肉破断荷重(1.7 N)は皮破断荷重(1.1 N)の1.5倍、オープン加熱(2.3 N)では1.9倍となりオープン加熱の方が皮と肉の差がやや大きい。

以上の結果より、いずれの加熱方法においても皮部分よりも肉部分の破断荷重が大きく、同じ部分を比較すると電子レンジ加熱が最も柔らかく、オープン加熱が最も硬いことがわかる。電子レンジ加熱においては、内部から加熱されるため加熱時間が短く、全体的に柔らかいものに対して、組合せ加熱では外側からの加熱も加わるため皮と肉の硬さに差が生じて電子レンジ加熱よりも硬く、オープン加熱においては、更に外側から加熱される時間が長いいため皮部分と肉部分共に硬くなる。

以上の物性測定の結果から、それぞれの加熱方法の特徴として以下のことが明らかになった。(1) 電子レンジ加熱は、食材からの重量減少が他の加熱方法に比べて少なく、皮部分と肉部分ともに他の加熱方法よりも柔らかい。(2) 組合せ加熱は、肉部分はオープン加熱よりも軟らかく、皮部分は電子レンジ加熱よりも硬い。(3) オープン加熱は重量減少が大きく、全体的に他の加熱方法よりも硬い。

これらの結果から、一般的においしいと言われている「外側がパリッとしていて中がジューシー」という状態に近いのは、皮部分に破断が観察されるほどの硬さがあり、ある程度水分保持率が高い組合せ加熱とオープン加熱に相当すると考え、物性測定と官能評価の関連を検討した。

3. 官能評価

図7は、各種加熱方法における官能評価の結果である。見た目だけで評価した外観評価と、外観と食味による総合評価についてそれぞれ評点を示す。1位を3点、2位を2点、3位を1点とした場合の評点の平均点を示した。また、NewellとMacFarlaneの検定表による検定¹⁵⁾の結果、有意差が見られる試料にはa, bの文字をそれぞれ記し、ab間には5%危険率で有意差があり、bb間には有意差がな

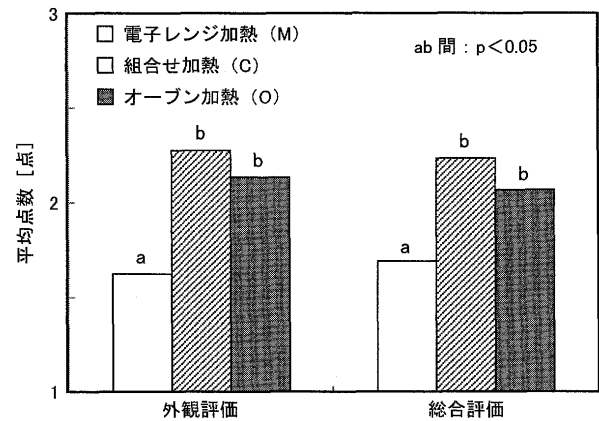


図7. 順位法による官能評価結果

いことを示す。外観評価、総合評価のいずれにおいても電子レンジ加熱と組合せ加熱、電子レンジ加熱とオープン加熱の間に有意差が見られ、組合せ加熱とオープン加熱の間には有意差は見られなかった。外観評価と総合評価は同様の傾向を示し、組合せ加熱とオープン加熱の評価が高く、電子レンジ加熱が最も評価が低かった。よって、外観と食味を含む総合評価の両方で組合せ加熱は電子レンジ加熱よりも有意に好まれ、組合せ加熱とオープン加熱の好まれ方に差がないことが明らかになった。

ここで、好まれ方に差を生じている要因を検討するために、選択理由の分析を行った。図8は最も好ましい1位を選択した理由、図9は最も好ましくない3位を選択した理由である。

1位を選択した理由としては、全体的に「食感が良い」ことを挙げている人が多く、電子レンジ加熱では「柔らかい(8人)」組合せ加熱では「ジューシー(8人)」「パリッと(8人)」オープン加熱では「パリッと(8人)」がそれぞれ「おいしい」理由と選択した人が多かった。

つまり、良いと感じる食感是人によって異なり、柔らかい食感を好む人は電子レンジ加熱を好み、パリッとした食感を好む人は組合せ加熱やオープン加熱を選択している。

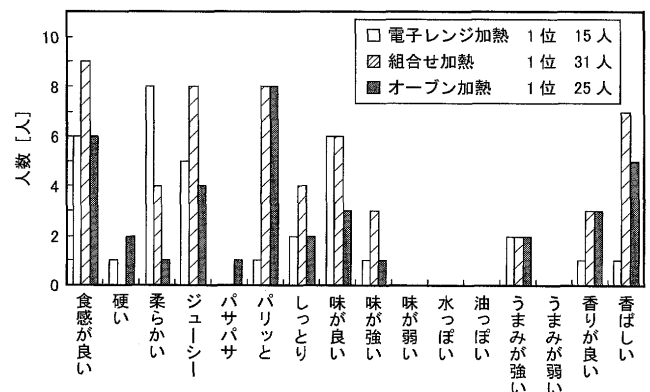


図8. 1位を選択した理由

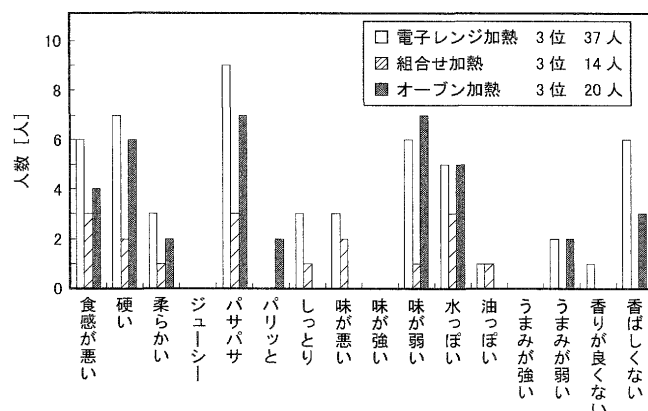


図9. 3位を選択した理由

ここで図6に示した硬さ測定の結果によると、電子レンジ加熱では皮と肉が両方とも柔らかいこと、組合せ加熱とオープン加熱では皮が破断を起こす程度に硬いことが明らかであり、このことが「柔らかい」「パリッと」という好まれる食感に相関があると考えられる。また図4に示す多汁性と「ジューシー」についても関連性を検討したが、図4の結果に有意差がなく明らかな関係は見出せなかった。

3位を選択した理由としては、電子レンジ加熱で「硬い(7人)」「パサパサ(9人)」、オープン加熱で「パサパサ(7人)」「味が弱い(7人)」という理由が挙げられた。図6に示した硬さ測定の結果によると、電子レンジ加熱では他の加熱に比べて柔らかいという結果が得られている。図8に示す1位の選択理由から電子レンジ加熱は柔らかいから好まれるという評価があるにも関わらず、官能評価では「硬い」ために好ましくないとする意見も得られた。この原因については明らかではないが、電子レンジ加熱では他の加熱方法に比べて試料内部に温度分布が発生しやすいため、局所的に硬くなっている可能性があり、これが硬いと評価された原因のひとつとも考える。また、表1に示すようにオープン加熱では試料の重量減少が大きかったため「パサパサ」した食感から好まれないという結果になった。しかしオープン加熱よりも重量減少が小さい電子レンジ加熱においても「パサパサ」が好まれない理由に挙がっている。電子レンジ加熱での重量減少は主に内部から肉汁が外部に流出するため、その減少が局所的に生じることが原因であると考えられる。

「水っぽい」「油っぽい」評価と表2に示した肉部の水分保持率と脂質保持率との相関関係については、明らかな関連性を見出すことはできなかった。

さらに「味」や「うまみ」は、強い方が好まれる傾向にはあるものの、おいしいと感じる理由としてはそれほど大きな要因になっていないのに対して、「味が弱い」に関しては好まれない傾向が強く得られ、食味においては好まれない要因であることが明らかとなった。

以上のように、「ジューシー」「パリッと」は好まれ、「硬

い」「パサパサ」「味が弱い」ものは好まれないという一定傾向が得られ、電子レンジ加熱に比べてオープン加熱と組合せ加熱は有意に好まれることがわかった。また、1位を選択した人のうち半数以上が同じ理由を挙げたのは、電子レンジ加熱で15人のうち8人が選択した「柔らかい」のみであり、3位を選択した理由では選択者の過半数に到達した選択肢は無い。これは、おいしさを評価する際の理由は人によって異なっているためである。よって今回の官能検査で、電子レンジ加熱に比べて組合せ加熱とオープン加熱が有意に好まれるということは明らかになったが、その理由を明らかにするには至らなかった。

以上の実験結果から、電子レンジ加熱に比べてオープン加熱と組合せ加熱は総合的に好まれ、またオープン加熱と組合せ加熱の好ましさは同程度であることから、組合せ加熱はオープン加熱と同程度の好ましさをより短時間で得ることができる加熱調理方法であるといえる。家庭用オープンレンジに望まれる自動調理方法について考察すると、一般的に嗜好性の高い調理物を短時間で加熱調理することが期待されることから、今回検討した各種加熱方法の中では、組合せ加熱がオープンレンジの自動調理方法として最も適しているということが明らかになった。

要 約

オープンレンジにおいて嗜好性の高い鶏肉の自動調理方法を開発することを目的として、鶏肉を電子レンジ加熱(M)(500 W 電子レンジ加熱8分間)、オープン加熱(O)(210℃ コンベクションオープン加熱40分間)、組合せ加熱(C)(500 W 電子レンジ加熱5分間の後210℃ コンベクションオープン加熱25分間の30分間)の3種類の方法で加熱調理し、調理物の物性測定、官能評価を行い、次の結果を得た。

1. 電子レンジ加熱(M)ではオープン加熱(O)に比べて温度上昇速度が速く、調理中の試料中心温度と表面部温度の差が10℃以内でありオープン加熱(O)に比べて表面部と内部の温度差が小さい。オープン加熱(O)では表面部温度が中心温度よりも最大約40℃ほど高く、電子レンジ加熱(M)に比べて表面部と内部の温度差が大きかった。
2. 電子レンジ加熱(M)、オープン加熱(O)、組合せ加熱(C)の物性を測定すると、重量保持率、硬さ(破断荷重)で有意差が見られた。オープン加熱(O)は他の2種の加熱に比べて重量保持率が低く、電子レンジ加熱(M)は他の加熱に比べて硬さは柔らかかった。調理時間が長く表面部温度が高いオープン加熱では、重量保持率が低くて硬く、調理時間が短い電子レンジ加熱では重量保持率が高く柔らかい傾向が見られた。
3. 官能評価では、外観評価、総合評価ともに同様の傾向を示し、電子レンジ加熱(M)に比べて組合せ加熱(C)

加熱方法の異なる鶏肉の物性と食味評価

とオープン加熱(O)が好まれ、組合せ加熱(C)とオープン加熱(O)の間には有意差は認められなかった。

- 4 短時間で嗜好性の高い調理が必要とされる家庭用オープンレンジでの自動調理方法としては、オープン加熱(O)よりも短時間で、電子レンジ加熱(M)よりも好まれる調理結果が得られることから、今回検討した3種類の加熱方法の中では組合せ加熱(C)が最適であることが確認された。

文 献

- 1) 畑江敬子, 香西みどり編 (2003), 「調理学」, 東京化学同人, 東京, pp.98-107
- 2) 渋谷祥子編 (1996), 「食品加熱の科学」, 朝倉書店, 東京, pp.122-132
- 3) 肥後温子 (2006), 誘電加熱による昇温特性と加熱むら, 冷凍, **81**, 405-411
- 4) 島田淳子, 佐々木恵子, 畑江敬子 (1990), 電子レンジ加熱による食品成分の温度上昇, 日本家政学会誌, **41**, 535-538
- 5) 中村恵子 (2003), 電子レンジ加熱における試料の温度及び吸収エネルギーに及ぼす塩化ナトリウム添加の影響, 日本家政学会誌, **54**, 351-356
- 6) 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プンの加熱特性, 日本家政学会誌, **53**, 331-337
- 7) 杉山久仁子, 金澤真理子, 石黒初紀, 渋谷祥子 (2003), スチームコンベクションオープンの加熱特性—庫内温度お

よび食材の種類の影響—, 日本熱物性シンポジウム講演論文集, **24**, 116-118

- 8) 日本調理科学会近畿支部 焼く分科会 (2007), 過熱水蒸気オープンを用いた調理に関する基礎的研究, 日本調理科学会誌, **40**, 420-426
- 9) 西念幸江, 柴田圭子, 安原安代 (2003), 鶏肉の真空調理に関する研究 (第1報) 真空調理と茹で加熱した鶏肉の物性及び食味, 日本家政学会誌, **54**, 867-878
- 10) 小出あつみ, 山内知子, 大羽和子 (2007), ロースト鶏腿肉の理化学特性および嗜好特性, 日本調理科学会誌, **40**, 138-145
- 11) 市川朝子, 荒木千佳子, 伊東達子 (1990), バター添加量及び加熱方法の相違がバタースポンジケーキの性状に及ぼす影響, 調理科学, **23**, 397-404
- 12) 中里トシ子, 中田恵子, 曾田武富 (1994), コンビネーションレンジによる甘藷の加熱, 日本家政学会誌, **45**, 69-73
- 13) 富岡和子, 梁善雅, 遠藤金次 (1993), 加熱調理過程における獣鳥肉および魚肉中のイノシン酸の分解, 日本家政学会誌, **44**, 11-16
- 14) 石井克枝, 土田美登世, 西村敏英, 沖谷明紘, 中川敦子, 畑江敬子, 島田淳子 (1995), 低温長時間加熱による牛肉の呈味物質と呈味性の変化, 日本家政学会誌, **46**, 229-234
- 15) G. J. NEWELL and J. D. MacFARLANE (1987), Expanded Tables for Multiple Comparison Procedures in the Analysis of Ranked Data, *J. Food Sci.*, **52**, 1721-1725

(平成 21 年 9 月 19 日受付 平成 22 年 7 月 5 日受理)

和文抄録

オープンレンジにおける鶏肉の嗜好性の高い調理方法を明らかにすることを目的として、鶏もも肉を電子レンジ加熱(M) (500 W 電子レンジ加熱 8 分間)、オープン加熱(O) (210℃ コンベクションオープン加熱 40 分間)、それら2つの調理を組み合わせた組合せ加熱(C) (電子レンジ加熱 5 分間の後オープン加熱 25 分間の 30 分間) の3種類の方法で加熱調理し、調理物の物性測定、官能評価を行った。

電子レンジ加熱(M) はオープン加熱(O) よりも温度上昇速度が高く、内部温度と表面温度の温度差が小さい。また、オープン加熱(O) は他の加熱よりも重量保持率が低く、電子レンジ加熱(M) は他の加熱よりも柔らかい。官能評価では、外観評価、総合評価ともに、電子レンジ加熱(M) に比べて組合せ加熱(C) とオープン加熱(O) が有意に好まれ、組合せ加熱(C) とオープン加熱(O) の好まれ方は有意な差はなかった。よって、組合せ加熱(C) は、好ましい調理を短時間で加熱調理できることから、オープンレンジに適した嗜好性の高い鶏肉調理が可能な調理方法であることが示された。