

令和元—3年度厚生労働科学研究（食品の安全確保推進研究事業）
「畜産食品の生物学的ハザードとそのリスクを低減するための研究」

分担総合研究報告書

「畜産食品の加工工程におけるリスク低減手法とその効果に関する研究」

分担研究者	岡田 由美子	国立医薬品食品衛生研究所食品衛生管理部
研究協力者	鈴木 穂高	茨城大学農学部
	西海 理之	新潟大学農学部
	筒浦 さとみ	新潟大学研究推進機構
	Maksimenco Anastasiia	新潟大学農学部
	北條 有紗	新潟大学農学部
	王 偉童	新潟大学農学部
	百瀬 愛佳	国立医薬品食品衛生研究所食品衛生管理部
	野田 衛	国立医薬品食品衛生研究所食品衛生管理部

研究要旨：近年我が国で最も事件数及び患者数の多い細菌性食中毒はカンピロバクターによるものであり、その原因食品として加熱不十分又は生の鶏肉が挙げられている。また、鶏肉（内臓肉を含む）にはサルモネラによる汚染も知られており、これら食中毒菌の低減手法を確立することが強く求められている。本研究では高圧処理を用い、鶏モモ肉、ムネ肉、砂肝及びハツ（心臓）の合計4部位における細菌の低減について検討するとともに、焼き鳥の加熱調理前に高圧処理を行うことで、加熱不十分な鶏肉を原因とする食中毒リスクの低減効果について検討した。1年目は、肉質変化の検討のため、100–500 MPa で10分間の高圧処理を行ったところ、4部位すべてにおいて色調の明るさ及び黄色みが増す傾向が認められた。モモ肉及びムネ肉は圧力依存性に硬度が増す傾向が見られたが、砂肝及びハツの硬さは高圧処理によって変わらないことが示された。肉質変化が強くなかった最大圧力である300 MPa で処理した場合の一般細菌数は、0.025–0.925 log₁₀ CFU/g、大腸菌群は 2.462–2.663 log₁₀ CFU/g、腸内細菌科菌群は 1.519–3.633 log₁₀ CFU/g 低減を示した。サルモネラ及びカンピロバクターは、高圧処理前のモモ肉、ムネ肉及び砂肝から分離されたが、300 MPa での高圧処理後には、カンピロバクターがモモ肉から定性試験のみ検出された。2–3年目は、焼き鳥モモ串を検体として高圧処理後の加熱調理による細菌数の低減及び肉質変化について検討した。高圧処理後の加熱調理での食中毒菌の低減効果を調査した結果、300–400 MPa で10分間の高圧処理後の加熱調理（200℃で5分間）の場合、サルモネラ及びカンピロバクターが検出された。一方、500 MPa で10分間の高圧処理後の加熱調理の場合には両菌ともに検出されなかった（検出下限値以下）。色調の変化については、高圧処理の有無による大きな差は見られなかった。以上より、加熱調理に用いる鶏肉の菌数低減処理として、高圧処理が有用であり、加熱不十分な鶏肉の喫食による食中毒の発生予防策として高圧処理は実用的であることが示された。

A. 研究目的

カンピロバクターによるものが最も多くな
現在我が国の細菌性食中毒事件数の中で、 っており、原因食品が判明した事例では、鶏

肉が多く挙げられている。市販鶏肉におけるカンピロバクターの汚染実態は多数報告されており、平成 27-28 年の調査で 147 検体中 118 検体 (80.3%) が陽性を示す (京塚ら、広島市衛研年報 36、p66-71) 等、高率であることが知られており、カンピロバクター食中毒の発生を減らすには、鶏肉の汚染低減が重要である。しかしながら、カンピロバクターは鶏肉及び内臓肉の表面のみならず内部にも存在していることがあり、食鳥処理における衛生管理の向上のみでは、汚染率の低減は困難と思われる。本来カンピロバクターをはじめとする食中毒菌は、加熱により死滅するものであるが、加熱不十分な場合、菌が残存することがあり、実際、加熱不十分な鶏肉の喫食による食中毒事例がしばしば報告されており、なかでも焼き鳥等は加熱不十分な状態での提供が起りやすい。

本研究では、鶏肉の喫食による食中毒発生を減少させるために、高圧処理等による鶏肉 (内臓肉を含む) の細菌数低減効果、並びに焼き鳥を用いた高圧処理後の加熱調理による肉質変化と細菌低減効果を調査した。

B. 研究方法

1. 検体

1 年目の鶏モモ肉、ムネ肉、砂肝及びハツは、東京都内及び新潟市内の鶏肉専門店で購入した。高圧処理による肉質変化の検討に用いる鶏モモ肉及びムネ肉は、筋線維の方向が同一になるように 3×3×1 cm の大きさに切断した。砂肝は筋膜を除去してから半割にし、ハツは半割にして血餅を除去した。菌数低減効果の検討に用いる検体は、

滅菌済みの器具を用いて 10 g 片に切断した。

2 年目の焼き鳥モモ串は、神奈川県内の鶏肉専門店で購入した。

3 年目の焼き鳥モモ串は、神奈川県内及び東京都内の鶏肉専門店で購入した。検体は、高圧処理用袋に入れて密封したのち、水と共に外袋に密封して二重包装とした。

2. 高圧処理

二重包装済みの検体について、Dr. CHEF (神戸製鋼所) を用いて 100、200、300、400 及び 500 MPa で 10 分間の高圧処理を行った。

3. 加熱調理

2-3 年目の加熱調理には、Cook Evario (ホシザキ) を用いた。余熱を行い、200°C に達したところで検体をオープンに入れ、10 分、7 分及び 5 分の加熱調理終了後にただちにオープンから出して、室温まで放冷後、検体を菌数測定及び肉質変化の測定に用いた。

3 年目は、2 年目に見い出された食中毒菌が生残しうる加熱調理条件として、200°C 5 分間の条件を用いた。

4. 菌数測定

検体 10 g に 90 mL の滅菌リン酸緩衝液 (PBS、メルク) を加えてストマッカー処理を行い、10 倍乳剤を作成した。また、必要に応じて PBS を用いて 10 倍階段希釈液を作成した。1 年目は、一般細菌数の測定は、Plate Count Agar (ベクトンディッキンソン) 平板を用いた塗抹培養と並行して、簡易培地としてペトリフィルム AC プレート (3M) を用い、35 °C で 24 時間培養を行った。腸

内細菌科菌群の測定にはペトリフィルム EB プレート(3M)、大腸菌群の測定にはペトリフィルム CC プレート(3M)を用い、製品に規定された条件で培養した。サルモネラの定量試験は、10 倍乳剤 100 μ L を XLD 寒天培地 (オキシイド) 及び CHROMagar サルモネ (CHROMagar) に塗布し、24 時間後の定型集落数を計測し、確認培養後に集落数を確定した。サルモネラの定性試験は、ISO 6579-1:2017 に基づき、10 倍乳剤を 37 $^{\circ}$ C で 18 時間培養後にその一部を Rappaport-Vasiliadis (RV) 培地 (オキシイド) 及び Muller-Kaufman Tetrathiocyanate (MkTTn) 培地 (メルク) に接種して、所定の温度及び時間の培養を行った。その後、XLD 寒天培地及び CHROMagar サルモネラに塗布し、24 時間後の定型集落の有無を確認し、定型集落の確認培養後に結果を判定した。カンピロバクターの定量試験は、10 倍乳剤 100 μ L を CCDA 寒天 (SEL) 培地 (関東化学)、CCDA 寒天 (OX) 培地 (オキシイド) 及び mCCDA クリアーHT 寒天培地 (ベクトンディッキンソン) に塗布し、48 時間後の定型集落数を計測し、確認培養後に集落数を確定した。カンピロバクターの定性試験は、ISO 10272-1:2017 を一部改変し、10 倍乳剤 1.5 mL をボルトン培地 (オキシイド) 13.5 mL に接種し、37 $^{\circ}$ C で 4 時間培養後に 41.5 $^{\circ}$ C で 44 時間培養した。培養液 1 白金耳を上記の寒天培地に塗布し、微好気条件において 41.5 $^{\circ}$ C で 48 時間培養した。2-3 年目は、検体 10 g に 90 mL の BPW を加えてストマッカー処理を行い、10 倍乳剤を作成した。また、必要に応じてリン酸緩衝液を用いて 10 倍階段希釈液を作成した。一般細菌数の測定は、TEMPO[®]AC

(ビオメリュージャパン) を用い、35 $^{\circ}$ C で 24 時間培養後に菌数測定を行った。腸内細菌科菌群の測定には TEMPO[®]EB (ビオメリュージャパン) を用い、35 $^{\circ}$ C で 20 時間培養後に菌数測定を行った。カンピロバクターの定量試験は、TEMPO[®]CAM (ビオメリュージャパン) を用い、42 $^{\circ}$ C で 48 時間微好気培養後に菌数測定を行った。サルモネラの定性試験は、10 倍乳剤を 37 $^{\circ}$ C で 20 時間培養後、3 MTM 病原菌自動検出システム MDS100JPS (MDS、スリーエムジャパン) を用いて行った。カンピロバクターの定性試験は、検体 10g を CE250 培地に懸濁し、42 $^{\circ}$ C 24 時間微好気培養後に MDS を用いて行った。

データ解析時は、定量試験結果については検出下限値未満を 0 とし、全数値に 1 を加算して対数化した。検体の肉質変化の差の解析は、Student または Welch の *t* 検定により行った。

5. 色調及び硬度

未処理及び高圧処理を行った検体について、色差計 (コニカミノルタ) を用いて色調を、レオメーター TP-10 (ヤマデン) を用いて硬度を計測した。

C. 結果

1. 高圧処理が鶏肉、内臓肉及び焼き鳥の肉質変化に及ぼす影響

1 年目は、100、200、300、400 及び 500 MPa で 10 分間処理した鶏モモ肉、ムネ肉、砂肝及びハツについて、色調と硬度の変化を測定した (令和元年度分担報告書 図 1-4)。その結果、4 部位全てにおいて色調

の明るさの指標である L 値及び黄色みの指標である b 値が増す傾向が見られた。モモ肉及びムネ肉では、赤みの指標である a 値には高圧処理による大きな変化は認められなかったものの、砂肝及びハツでは、圧力依存的な a 値の上昇傾向が見られた。肉眼的観察では、いずれの部位も、300 MPa の処理により肉色に白濁がみられ、400 MPa 以上の処理で、その傾向がより顕著であった（令和元年度分担報告書 図 1-3 及び 4）。硬度の指標である最大破断点の荷重（N 値）はムネ肉の未処理検体では 9.855 N であったが、500 MPa での処理後は 17.738 N となり、硬化傾向を示した。同様に、モモ肉の N 値は未処理での 10.959 N から 500 MPa での処理後は 17.585 N となり、モモ肉及びムネ肉は圧力依存的に硬度が増す傾向が見られた。一方、砂肝及びハツの硬さは高圧処理によって大きく変わらないことが示された（令和元年度分担報告書 図 1-1 及び 2）。

2 年目は、300 MPa で 10 分間処理した焼き鳥モモ串について、色調と硬度の変化を測定した（令和 2 年度分担報告書 図 1）。その結果、L 値は、高圧処理後に 10 分間の加熱調理をした場合は 21-49.7、10 分間の加熱調理のみ場合は 23.9-44.8 であり、差は認められなかった。a 値は、高圧処理後に 10 分間の加熱調理をした場合は 0.7-2、10 分間の加熱調理のみ場合は 0.9-3.3 であり、高圧処理を行う方がやや低くなる傾向が認められた。b 値は、高圧処理後に 10 分間の加熱調理をした場合は 2.4-9.7、10 分間の加熱調理の場合は 5.9-12.9 であり、高圧処理を行う方がやや低くなる傾向が認められた。一方、高圧処理後に 7 分間の加

熱調理をした場合 L 値は 34.4-46.4、a 値は 2-5.2、b 値は 7.8-14.6、7 分間の加熱調理のみ場合は L 値 22.4-40.6、a 値 1-3.9 及び b 値 6.4-10.5 といずれもやや増加する傾向が認められた（令和 2 年度分担報告書 図 2）。また、高圧処理後に 5 分間の加熱調理をした場合 L 値は 26.1-47.2、5 分間の加熱調理のみ場合は L 値 13.1-57.5 とやや低くなる傾向が見られた。高圧処理後に 5 分間の加熱調理をした場合の a 値は 1.7-4.9、5 分間の加熱調理のみ場合の a 値 0.7-4.6 と差は認められなかった。高圧処理後に 5 分間の加熱調理をした場合の b 値は 6.4-15.2、5 分間の加熱調理のみ場合の b 値 2.7-12.5 と比較してやや増加する傾向が認められた。一方、いずれの検体も肉眼的には高圧処理の有無による加熱調理後の色調変化は強く感じられず、高圧処理による色調変化の影響は大きくなかった。

硬度の指標である N 値は 10 分間の加熱調理によって、高圧処理を行った検体では 12.941-19.534 で、高圧処理を行わなかった検体の 8.22-19.46 と同程度であった（令和 2 年度分担報告書 図 1）。7 分の加熱調理では、高圧処理を行った検体は 11.528-18.373 であり、高圧処理を行わなかった検体の 9.268-19.604 と同程度の硬度を示した。5 分間の加熱処理では、高圧処理を行った検体は 6.72-19.306 であり、高圧処理を行わなかった検体の 9.50-18.921 と比較して差は認められた（令和 2 年度分担報告書 図 2）。

3 年目は、加熱調理前の食中毒菌低減処理として効果が認められた 500 MPa で 10 分間の高圧処理を行った焼き鳥モモ串につ

いて、色調と硬度の変化を測定した（令和3年度分担報告書 表4）。検体数は、高压処理、加熱調理共に行わない条件で2検体、加熱調理のみ及び高压処理後に加熱調理を行う条件では各5検体を用いた。1回目の検討では、加熱調理のみを行った検体と高压処理後に加熱調理を行った検体におけるN値、L値及びa値に有意な差は認められず（ p value=0.995（N値）、0.053（L値）、0.115（a値））、b値のみ高压処理を行った検体が有意に高い結果となった（ $p=0.007$ ）。2回目の検討では、加熱調理のみを行った検体と高压処理後に加熱調理を行った検体におけるN値、L値及びa値に有意な差は認められず（ p value=0.141（N値）、0.676（L値）、0.480（a値））、b値のみ高压処理を行った検体が有意に高い結果となった（ $p=0.044$ ）。3回目の検討では、加熱調理のみを行った検体と高压処理後に加熱調理を行った検体におけるN値、L値、a値及びb値に有意な差は認められなかった（ p value=0.108（N値）、0.680（L値）、0.182（a値）、0.566（b値））。4回目の検討では、加熱調理のみを行った検体と高压処理後に加熱調理を行った検体におけるN値、L値、a値及びb値に有意な差は認められなかった（ p value=0.240（N値）、0.936（L値）、0.246（a値）、0.975（b値））。5回目の検討では、加熱調理のみを行った検体と高压処理後に加熱調理を行った検体におけるN値、L値及びa値に有意な差は認められず（ p value=0.061（N値）、0.579（L値）、1.000（a値））、b値のみ高压処理を行った検体が有意に高い結果となった（ $p=0.027$ ）。5回の検討を通じ、N値、L値、a値及びb値の4つの肉質変化に関する指標のうち、b値

のみ、3回の検討で高压処理後に加熱調理を行った検体での数値が加熱調理のみを行った検体よりも有意に高い結果が得られたが、肉眼的な目視においては高压処理の有無による色調の大きな差は認められなかった（令和3年度分担報告書 図1）。

2. 高压処理の鶏肉、内臓肉及び焼き鳥に対する細菌の低減効果

1年目は、鶏モモ肉、ムネ肉、砂肝及びハツを自然汚染している一般細菌に対する、高压処理の菌数低減効果を調査した（令和元年度分担報告書 図5）。処理圧力には、肉質変化が許容範囲と考えられた最大圧力である300 MPaを用いた。高压処理の結果、ムネ肉中の一般細菌数は $0.025 \log_{10}$ CFU/g、モモ肉では $0.915 \log_{10}$ CFU/g、砂肝では $0.875 \log_{10}$ CFU/g、ハツでは $0.925 \log_{10}$ CFU/g低減した。簡易培地を用いた場合の一般細菌数を混積培養の結果と比較したところ、いずれの部位でも結果の差は $\pm 0.5 \log_{10}$ CFU/g以内であり、ほぼ同等であると考えられた。鶏モモ肉、ムネ肉、砂肝及びハツを自然汚染している大腸菌と腸内細菌科菌群に対する、高压処理の菌数低減効果を調査した。300 MPaで10分間の高压処理の結果、ムネ肉中の大腸菌群菌数は $2.462 \log_{10}$ CFU/g、モモ肉では $2.663 \log_{10}$ CFU/g、砂肝では $2.663 \log_{10}$ CFU/g、ハツでは $2.643 \log_{10}$ CFU/g低減していた。腸内細菌科菌群は、ムネ肉で $1.519 \log_{10}$ CFU/g、モモ肉で $1.653 \log_{10}$ CFU/g、砂肝で $3.633 \log_{10}$ CFU/g、ハツで $3.230 \log_{10}$ CFU/g低減していた。大腸菌群は4部位全てで高压処理により検出限界未満となったが、腸内細菌科菌群はモモ肉及びムネ肉で

高圧処理後も菌が検出された。鶏モモ肉、ムネ肉、砂肝及びハツを自然汚染しているサルモネラとカンピロバクターに対する、高圧処理の菌数低減効果を調査した（令和元年度分担報告書 表 1）。高圧処理前の鶏ムネ肉、モモ肉及び砂肝からサルモネラ及びカンピロバクターが分離されたが、300 MPa で 10 分間の高圧処理の結果、ムネ肉、モモ肉及び砂肝はサルモネラが陰性となった。カンピロバクターについては、ムネ肉及び砂肝で高圧処理後に陰性となったが、モモ肉では一部検体から増菌培養後に検出された。

2 年目は、焼き鳥モモ串を自然汚染している細菌に対する、高圧処理の菌数低減効果を調査した（令和 2 年度分担報告書 図 3 及び 4）。加熱調理時間が 10 分及び 7 分の場合、高圧処理の有無にかかわらず全検体の生菌数及び腸内細菌科菌群数が検出限界未満となった。加熱調理時間が 5 分の場合、高圧処理を行わなかった検体では未加熱検体の一般生菌数 $6.51 \log_{10} \text{CFU/g}$ から加熱調理後に $2.82 \log_{10} \text{CFU/g}$ に低減した。一方、高圧処理を行った検体では全て検出限界未満となった。腸内細菌科菌群については、5 分の加熱調理により高圧処理の有無にかかわらず検出限界未満となった。処理前の検体は全てサルモネラ及びカンピロバクターが陰性であり、高圧処理後の加熱調理の効果は判定できなかった。

3 年目は、高圧処理による肉質変化が少なく、一般生菌数と腸内細菌科菌群数への低減効果が見られた 300 MPa で 10 分間の高圧処理後に加熱調理（200℃で 5 分間）を行った（令和 3 年度分担報告書 表 1）。加熱調理のみを行った 5 検体では一般生菌数

が $3.11-6.23 \log_{10} \text{CFU/g}$ 、平均値（ $\pm \text{SD}$ ）は $4.21 \pm 1.19 \log_{10} \text{CFU/g}$ であった。腸内細菌科菌群数が検出下限値未満 $-2.28 \log_{10} \text{CFU/g}$ 、平均値は $0.46 \pm 1.02 \log_{10} \text{CFU/g}$ であった。高圧処理後に加熱調理を行った 5 検体では、一般生菌数が $2.20-4.17 \log_{10} \text{CFU/g}$ 、平均値は $3.17 \pm 0.85 \log_{10} \text{CFU/g}$ であり、高圧処理を行わなかった検体と比較して一般生菌数が平均 $1.04 \log_{10} \text{CFU/g}$ の低減を示した。腸内細菌科菌群数は全検体で検出下限値未満となった。カンピロバクター定量試験では、高圧処理を行わなかった検体でも加熱調理後には検出下限値未満となっていたが、定性試験では 5 検体中 2 検体からカンピロバクターが検出されていた。一方、高圧処理後に加熱調理を行った検体では、定量試験は検出下限値未満となり、定性試験では 5 検体中 1 検体が陽性となった。また、サルモネラ定性試験においても、高圧処理後に加熱調理を行った検体のうち、5 検体中 1 検体が陽性となったことから、300 MPa の高圧処理では、加熱不十分な鶏肉における食中毒菌の低減効果が十分ではないことが示された。

次に、加熱調理前の高圧処理条件を 400 MPa で 10 分間とした検討を行った（令和 3 年度分担報告書 表 2）。加熱調理のみを行った 5 検体では一般生菌数が $2.70-3.87 \log_{10} \text{CFU/g}$ 、平均値は $3.16 \pm 0.46 \log_{10} \text{CFU/g}$ 、高圧処理後に加熱調理を行った 5 検体では生菌数が検出下限値未満 $-1.65 \log_{10} \text{CFU/g}$ 、平均値は $0.84 \pm 0.80 \log_{10} \text{CFU/g}$ であった。腸内細菌科菌群及びカンピロバクターについては、加熱調理のみを行った検体及び高圧処理後に加熱調理を行った検体の全てで、検出下限値未満であった。

サルモネラの定性試験は、未処理の 2 検体では陰性、加熱調理のみの 5 検体では 1 検体が陽性、高圧処理後に加熱調理を行った 5 検体では全てが陰性であった（令和 3 年度分担報告書 表 2）。カンピロバクターの定性試験の結果は、未処理の 2 検体で陽性、加熱調理のみの 5 検体では 3 検体が陽性を示し、高圧処理後に加熱調理を行った 5 検体では 1 検体が陽性であったことから、400 MPa の高圧処理では、加熱不十分な鶏肉におけるカンピロバクターの低減効果が十分ではないことが示された。

加熱調理前の高圧処理条件を 5 00 MPa で 10 分間とした検討については、5 回反復した検討を行った（令和 3 年度分担報告書 表 3）。1 回目の検討では、加熱調理のみを行った 5 検体では、一般生菌数が 2.59－4.74 log₁₀ CFU/g、平均値は 3.63±0.80 log₁₀ CFU/g、腸内細菌科菌群は検出下限値未満－2.00 log₁₀ CFU/g、平均値は 0.42±0.93 log₁₀ CFU/g)、カンピロバクターは全検体で検出下限値未満であった。高圧処理後に加熱調理を行った 5 検体では生菌数、腸内細菌科菌群及びカンピロバクターが検出下限値未満であった。サルモネラの定性試験の結果は、未処理の 2 検体、加熱調理のみの 5 検体、高圧処理後に加熱調理を行った 5 検体のいずれも全検体陰性であった。カンピロバクターの定性試験では、未処理の 2 検体全て、加熱調理のみの 5 検体中 3 検体が陽性を示したが、高圧処理後に加熱調理を行った 5 検体は陰性であった。2 回目の検討では、加熱調理のみを行った 5 検体では、生菌数が 2.30－3.15 log CFU/g、平均 2.91 log CFU/g、高圧処理後に加熱調理を行った 5 検体の一般生菌数は検出下限値

未満－1.04 log₁₀ CFU/g、平均 0.21 log₁₀ CFU/g であった。腸内細菌科菌群とカンピロバクターの定量試験では、加熱調理を行った 5 検体と高圧処理後に加熱調理を行った 5 検体の全てで検出下限値未満であった。サルモネラの定性試験の結果は、未処理の 2 検体中 1 検体、加熱調理のみの 5 検体、高圧処理後に加熱調理を行った 5 検体のいずれも全検体陰性であった。カンピロバクターの定性試験の結果は、未処理の 2 検体中 1 検体、加熱調理のみの 5 検体では 1 検体が陽性であったが、高圧処理後に加熱調理を行った 5 検体は全て陰性であった。3 回目の検討では、加熱調理のみを行った 5 検体では、一般生菌数が 2.36－3.60 log₁₀ CFU/g、平均 2.99 log₁₀ CFU/g であり、腸内細菌科菌群とカンピロバクターは全検体検出下限値未満であった。高圧処理後に加熱調理を行った 5 検体では、一般生菌数、腸内細菌科菌群及びカンピロバクターの全てで検出下限値未満であった。サルモネラの定性試験の結果は、未処理の 2 検体、加熱調理のみの 5 検体中 1 検体が陽性を示し、高圧処理後に加熱調理を行った 5 検体は全て陰性であった。カンピロバクターの定性試験の結果は、未処理の 2 検体と、加熱調理のみの 5 検体中 3 検体が陽性であったが、高圧処理後に加熱調理を行った 5 検体は全て陰性であった。

4 回目の検討では、加熱調理のみを行った 5 検体では、生菌数が 1.61－3.34 log₁₀ CFU/g、平均 2.79 log₁₀ CFU/g であり、腸内細菌科菌群とカンピロバクターは全検体検出下限値未満であった。高圧処理後に加熱調理を行った 5 検体では、生菌数が検出下限値未満－1.04 log₁₀ CFU/g、平均 0.62 log₁₀

CFU/g であり、腸内細菌科菌群とカンピロバクター定量試験では全検体陰性であった。サルモネラの定性試験の結果は、未処理の 2 検体は陽性であったが、加熱調理のみの 5 検体及び高圧処理後に加熱調理を行った 5 検体は全て陰性であった。5 回目の検討では、加熱調理のみを行った 5 検体では、一般生菌数が $3.15-3.67 \log_{10}$ CFU/g、平均 $3.44 \log_{10}$ CFU/g、腸内細菌科菌群は検出下限値未満 $-1.04 \log_{10}$ CFU/g、平均 $0.21 \log_{10}$ CFU/g、カンピロバクターは検出下限値未満 $-1.04 \log$ CFU/g、平均 $0.21 \log_{10}$ CFU/g であった。高圧処理後に加熱調理を行った 5 検体では、一般生菌数が検出下限値未満 $-1.04 \log_{10}$ CFU/g、平均 $0.42 \log_{10}$ CFU/g であり、腸内細菌科菌群とカンピロバクターは全検体で検出下限値未満であった。サルモネラの定性試験の結果は、未処理の 2 検体中 1 検体が陽性を示し、加熱調理のみの 5 検体では 1 検体が陽性であったが、高圧処理後に加熱調理を行った 5 検体は全て陰性であった。カンピロバクターの定性試験の結果は、未処理の 2 検体と加熱調理のみの 5 検体の全てが陽性であったが、高圧処理後に加熱調理を行った 5 検体は全て陰性であった。

以上のように、前処理として 500 MPa で 10 分間の高圧処理を行うことが、加熱調理が不十分な鶏肉に含まれるカンピロバクター及びサルモネラを低減させる効果があることが示された。

D. 考察

生の鶏モモ肉、ムネ肉、砂肝及びハツの 4 部位に 100-500 MPa で 10 分間の高圧処

理を行ったところ、4 部位全てにおいて圧力依存的に明るさを示す L 値の上昇傾向が認められ、肉眼的にも白濁していた。その中で、比較的变化が抑えられており、過去の研究で菌数低減効果が期待される 300 MPa で 10 分間の高圧処理による一般細菌、衛生指標菌及び食中毒菌に対する低減効果について調査した。その結果、グラム陰性菌である腸内細菌科菌群及び大腸菌群については $2 \log_{10}$ CFU/g 前後の大幅な菌数低減効果が認められた。一方、バチルス属等のグラム陽性菌を多く含むと思われる一般細菌については、 $1 \log_{10}$ CFU/g 前後の低減にとどまった。食中毒菌であるカンピロバクター及びサルモネラについては、今回の処理条件でほとんどの検体において定性法の検出限界未満となったが、モモ肉のみ高圧処理後にも定性法でカンピロバクターの分離がみられたことから、生肉及び生の内臓肉への高圧処理として、300MPa で 10 分間では細菌数低減効果が十分ではないと思われた。

焼き鳥は、表面を高温で調理するため、中心まで十分な加熱がなされない事例が起こりやすい食品と言える。2 年目において、加熱不十分な加熱調理モデルを作成した検討を行った。その結果、高圧処理を行っていない検体では生菌数が約 $3 \log_{10}$ CFU/g であったのに対し、高圧処理を行ったものでは検出限界未満となり、加熱調理前に高圧処理を行うことにより、加熱が不十分な食品の細菌数を低減しうることが示された。また、高圧処理後に加熱調理した焼き鳥モモ串の硬さ、色調が高圧処理を行っていないものと大きな差が見られなかったことから、先行研究における生食を想定した牛レバーを用いた検討や、1 年目に実施した生鶏肉

を対象とした検討とは異なり、品質の変化が問題となりにくく、焼き鳥の前処理として有効性が高いと思われた。

サルモネラについて同様の加熱条件で 5 回の試験を行ったところ、加熱調理のみではそのうち 2 回で生残が見られたが、高圧処理後に加熱調理を行った場合では、5 回の試験のいずれも生残が見られなかった。カンピロバクターについても同様の試験を行ったところ、加熱調理のみでは 5 回全てでカンピロバクターが生残している検体が見られたが、高圧処理後に加熱調理を行った場合には 5 回の試験のいずれも生残が見られなかった。カンピロバクターについては、定量試験では加熱調理のみの検体で検出下限値未満となる場合が認められたが、増菌培養を行う定性試験においては加熱調理のみでは陽性となる場合が認められた。検出下限値は、定量試験では 10 CFU/ g、定性試験では 1 CFU/10 g (0.1 CFU/g) であり、加熱不十分な調理条件では定量試験では検出できない微量の食中毒菌が生残する可能性があることが示された。カンピロバクターの感染菌量は数百個程度との報告があり、一般的な食中毒菌よりも低い菌量での感染が成立しうる。また、サルモネラは数十個程度で感染することが知られており、微量の生残であっても汚染食品の喫食量によってはリスクとなりうると考えられる。今回実施した高圧を用いた前処理によって、検出感度の高い定性試験でも、5 回の反復試験の全てで、サルモネラ及びカンピロバクターを陰性とすることができたことから、これらの細菌による食中毒リスクの低減手法として有用性が高いことが示された。

E. 結論

モモ肉及びムネ肉は、圧力依存的に肉色が白化及び黄化する傾向及び肉が硬化する傾向が認められた。一方、砂肝及びハツは、高圧処理による色調及び硬度の変化が限定的であることが示された。肉質変化が比較的少ない 300 MPa で 10 分間の高圧処理により、鶏肉及び内臓肉中の菌数低減が可能であった。高圧処理 (500MPa で 10 分間) 後に加熱調理 (200°C で 5 分間) はサルモネラ及びカンピロバクター等による食中毒の発生を減らしうる可能性が示された。

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

なし

G. 知的財産権の出願・登録状況

なし