

1. 委託事業名： 酸・アルカリ性電解水を用いた生肉の新規殺菌方法の確立

2. 委託事業者名： 委託団体：アオノフレッシュミート株式会社

連携団体：株式会社ガイア

アオノミート株式会社

連携大学：静岡県立大学 食品栄養科学部 食品衛生学研究室

准教授 増田 修一 助教 島村 裕子

3. 研究成果概要：

(1) はじめに

食肉の加工は、屠畜から解体して各部肉に分けられて商品となるまでの工程において、衛生管理された加工処理場で行われている。しかし、十分な衛生管理が行われていても、加工処理時に肉表面に付着する細菌を完全に除去することは非常に困難であり、日本では、より安全性を考慮して、食肉管理が厳しい輸出国よりも更に短い品質保持期限を決めて流通販売されている。食肉の安全性をより確実にするためには、殺菌工程の導入が考えられるが、生肉では加熱殺菌はできず、また殺菌剤の使用も安全性の面で大きな問題であり、ほとんど用いられていないのが現状である。

そこで、本事業では、安全性が確認されており、食品添加物として認められている電解水に着目した。アルカリ性電解水は有機物等の洗浄に適し、酸性電解水は非常に強い殺菌性を示すことから、この両者の特徴を生かした殺菌処理技術を各部位肉の加工処理工程に取り入れることを検討した。まず、効果的な殺菌方法を見出すための基礎的な知見を得るために、食肉内部への食中毒菌の侵入に影響を与える因子を調べ、次に、アルカリ性・酸性電解水併用処理における食肉の殺菌方法の検討を行った。さらに、電解水処理後の食肉の品質を、機器分析および官能検査で評価した。これら食肉の安全性をより確実にするために、大量の食肉に適応できる殺菌技術の確立を目指して研究を行った成果を報告する。

(2) 研究結果および成果

a) 食肉内部への食中毒菌の侵入に影響を与える因子の解明

食肉の殺菌を確実にを行うために、種類や部位、またカットの方法の異なる食肉に黄色ブドウ球菌を付着させ、食肉内部への食中毒菌の侵入に影響を与える因子について調べた。縦 3 cm x 横 3 cm x 高さ 6 cm の立方体にカットした各食肉の上部表面（表面積 3 x 3 cm²）に初発菌数が 10⁵~10⁶ CFU/g になるように菌を接種し、1 時間室温に放置した。その後、上部から下部まで 4 パーツに切断し、上部表面と各々の切断部位の菌数を測定した。その結果、鶏肉では、線維が平行に走っている面が菌に汚染された場合、汚染後 1 時間では菌は上部より 1 cm まで内部に侵入するが、それ以上は侵入しなかった。一方、線維が垂直に走っている面が菌に汚染された場合、汚染後 1 時間では菌は 2 cm まで内部に侵入した。牛レバーでは、薄皮が付いた面が菌に汚染された場合、汚染後 1 時間では菌は 1 cm まで内部に侵入するが、それ以上は侵入しなかった。一方、表面に薄皮が付いていない面が菌に汚染された場合、汚染後 1 時間では菌は 2 cm まで内部に侵入した (Table 1)。これらの結果から、食肉

の繊維の方向や薄皮の有無により、食中毒菌の食肉内部への侵入の程度が異なり、食中毒菌は食肉の状態により、1時間という短時間で食肉内部にまで侵入する可能性が示唆された。

Table 1. 食肉の繊維の方向および薄皮の有無が食中毒菌の侵入に与える影響

鶏もも肉 (CFU/g)						
繊維	コントロール	①	②	③	④	⑤
垂直	$1.8 \times 10^3 \pm 52.0$	$1.6 \times 10^3 \pm 38.9$	$8.1 \times 10^2 \pm 26.0$	$2.2 \times 10^1 \pm 2.1$	$6.3 \times 10^1 \pm 5.2$	$3.3 \times 10^1 \pm 2.0$
平行	$3.5 \times 10^3 \pm 50.0$	$2.2 \times 10^3 \pm 41.3$	$6.2 \times 10^2 \pm 7.1$	$1.1 \times 10^2 \pm 1.0$	$1.0 \times 10^1 \pm 0.1$	$4.0 \times 10^1 \pm 0.6$

牛レバー (CFU/g)						
薄皮	コントロール	①	②	③	④	⑤
あり	$1.4 \times 10^3 \pm 9.5$	$3.3 \times 10^3 \pm 33.4$	$1.6 \times 10^2 \pm 1.6$	$6.0 \times 10^1 \pm 3.6$	$3.0 \times 10^1 \pm 1.0$	$5.0 \times 10^1 \pm 1.0$
なし	$1.6 \times 10^3 \pm 19.2$	$2.3 \times 10^3 \pm 133.9$	$8.9 \times 10^2 \pm 69.8$	$4.4 \times 10^2 \pm 46.2$	$5.3 \times 10^1 \pm 2.8$	$4.8 \times 10^1 \pm 2.4$

(n=2 x 3)

コントロールは、肉片の初発菌数を示す。①, 上部表面; ②, 上部表面から 1 cm; ③ 上部表面から 1~2 cm; ④, 上部表面から 2~4 cm; ⑤, 上部表面から 4~6 cm

b) 電解水併用処理を用いた生肉の殺菌処理方法の検討

肉の外観を損ねず、等量の使用で中和が可能であることを条件に、pH2.5 の酸性電解水、pH11.5 のアルカリ性電解水を使用することとし、アルカリ性電解水・酸性電解水併用処理を用いた生肉の殺菌処理方法の検討を行った。黄色ブドウ球菌汚染肉（初発菌数 $10^4 \sim 10^5$ CFU/g）1、5、10 g に対し、100 mL の電解水を用いて検討を行った。1、5、10 g の鶏もも肉、牛レバーいずれも電解水処理した場合、1 log CFU/g の菌数減少が認められた。1 g と 10 g で同様の菌数減少率が確認できたことから、電解水の量が不足しているのではなく、食肉に含まれる脂質やタンパク質等の有機物が殺菌に影響を及ぼしている可能性が示唆された。

Table 2. 生肉の重量が電解水による殺菌処理に及ぼす影響

重量 (g)	鶏もも肉 (CFU/g)		
	1	5	10
コントロール	$1.4 \times 10^5 \pm 15.7$	$3.2 \times 10^4 \pm 49.8$	$2.8 \times 10^4 \pm 44.4$
電解水併用処理	$2.6 \times 10^4 \pm 13.4$	$6.9 \times 10^3 \pm 23.2$	$7.6 \times 10^3 \pm 26.1$

重量 (g)	牛レバー (CFU/g)		
	1	5	10
コントロール	$3.4 \times 10^5 \pm 231.8$	$4.0 \times 10^4 \pm 49.6$	$6.4 \times 10^4 \pm 373.9$
電解水併用処理	$2.9 \times 10^4 \pm 16.8$	$8.7 \times 10^3 \pm 10.1$	$8.0 \times 10^3 \pm 30.6$

(n=2 x 3)

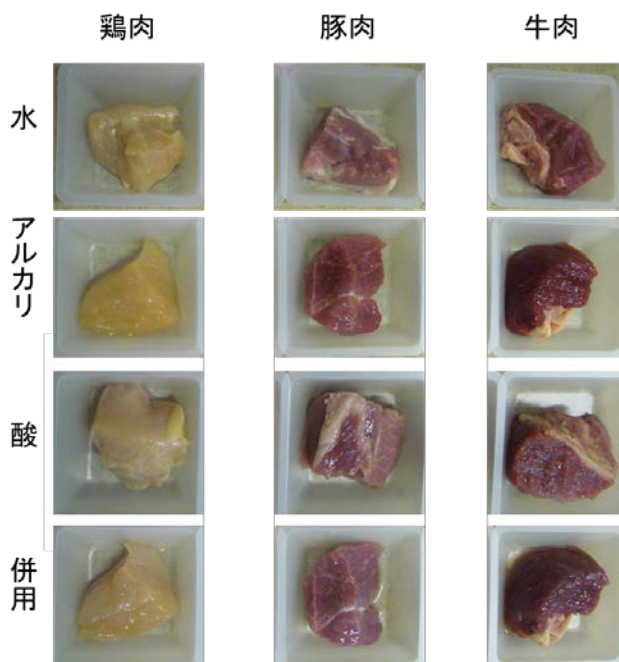


Fig. 1. 電解水処理後の生肉の外観の変化 (5分間浸漬)

強アルカリ性電解水(pH 11.5)、強酸性電解水(pH 2.5)、併用、強アルカリ性電解(pH 11.5) に浸漬した後、水で中和し、強酸性電解水 (pH 2.5) に浸漬した。

c) 肉に含まれる有機物が殺菌処理に及ぼす影響

アルカリ性電解水・酸性電解水併用処理を用いた生肉の殺菌処理方法を検討したが、菌数の減少は 1 log CFU/gにとどまった。その要因として、食肉に含まれる脂質やタンパク質等の有機物が殺菌に影響を及ぼしている可能性が示唆された。そこで、これらの有機物の影響を確認するために、菌を接種していない肉片をアルカリ性電解水で処理して中和した後、酸性電解水の中に肉片を浸漬させ、その中に接種菌液 ($10^5 \sim 10^6$ CFU/0.1 mL) を加えて、殺菌および中和処理を行い、肉片中の菌数を確認した。その結果、一般生菌および黄色ブドウ球菌共に検出されなかった。これらのことから、肉の脂肪やタンパク質等の有機物は殺菌効果に影響しないことが確認できた。したがって、食肉表面に残存して、酸性電解水と接触した菌は殺菌されるが、切断面から肉の細胞内部まで侵入している菌に対しては殺菌効果が低いと推察された。

d) 機器分析および官能検査による食肉の評価

電解水処理が食肉の色調、食感、香り等に与える影響について機器分析および官能検査を用いて評価した。色差計を用いた肉色の測定では、皮付きのレバーで電解水処理 0 日目および 3 日目において L* 値 (明るさ) が低下する傾向が認められたが、その他の肉においては、電解水処理後の肉色は、未処理のコントロールと比べ、有意な差は認められなかった。電解水処理した鶏もも肉、レバー (皮付きおよび皮なし) の pH および脂質酸化度は、未処理のコントロールと比べ、有意な差は認められなかった。電解水処理した鶏もも肉の硬さは、0 日目および 2 日目において未処理のコントロールと比べ、有意に硬いと評価された。また、

5日目では、鮮度および総合評価、7日目では腐敗度において有意に良いと評価された。その他の項目については、有意差は認められなかったが、総合評価ではすべての日数でコントロールよりも高い評価であった。一方、全ての項目において、電解水処理後の牛肉は、未処理のコントロールと比べ、有意差は認められなかった。

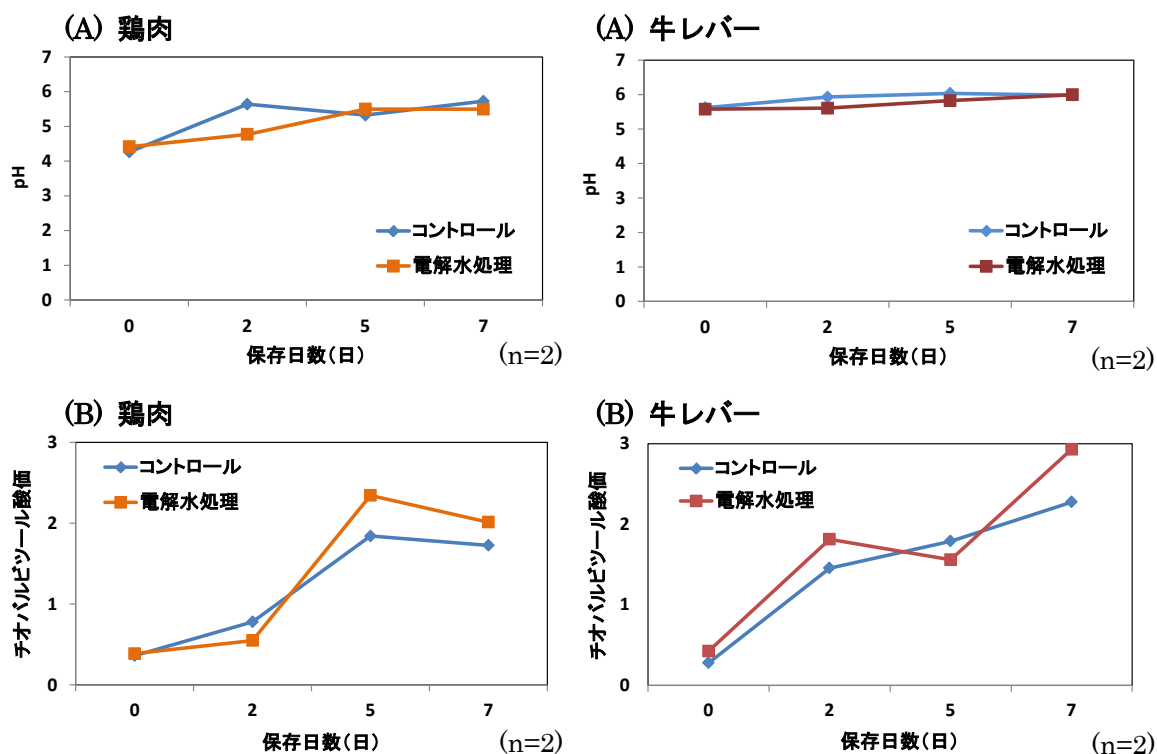


Fig. 4. 電解水処理が生肉の品質に及ぼす影響
(A) pH、(B) チオバルビツール酸価

(3) まとめ

食肉に食中毒菌を接種し、その分布を調べた結果、食中毒菌は汚染部位の構造や薄皮の有無により食肉内部への侵入の程度が異なった。食肉の切断面において、線維が垂直に走っている場合や薄皮のないレバーが菌に汚染された場合、汚染後1時間で菌は内部2 cmまで侵入する可能性が示唆された。アルカリ性電解水・酸性電解水併用処理を用いた生肉の殺菌処理方法を検討したが、1 log CFU/gの菌数減少にとどまった。原因として、食肉表面に残存し、酸性電解水と接触した菌は殺菌されるが、切断面から肉の細胞内部まで侵入している菌に対しては殺菌効果が低いことが推察された。

アルカリ性電解水・酸性電解水併用処理を用いた生肉の品質については、機器分析および官能検査において、劣化は認められず、十分に実用可能であることが明らかとなった。しかしながら、安全性を確保するためには、さらに殺菌効果を向上させる必要がある。今後、攪拌等の補助手段や電解水の温度条件を組み合わせた検討を行い、さらなる殺菌効果の向上を検討する予定である。