

審 査 の 結 果 の 要 旨

氏 名 白井 宏明

食肉加工場においては、食肉と処理機器との二次的汚染の繰り返しが起こっており、市販のひき肉では1 gあたり 10^8 レベルの菌数が検出される可能性も指摘されている。食肉処理場における清浄度の評価手法としては食肉や機器表面のふき取り検査が行われ、一般生菌数もしくはATP量が測定されている。しかし、ふき取り検査には時間を要するという問題点がある。また、ふき取り検査はスポット検査であるため、すべての食肉を検査することができない。これらを解決する手法として、光センシングが考えられ、中でも感度・選択性に優れた蛍光分光分析に着目した。

一方で、食肉内部へ微生物が侵入することも知られている。食肉内部には、筋繊維と筋鞘膜との間に溝があり、微生物はこの溝中を移動することが知られている。しかし、微生物の食肉内部への侵入のメカニズムがわかっていない。そこで、食肉内部への微生物の侵入現象のメカニズムを明らかにするため、数学的モデリング解析を行った。これを明らかにすることは、食肉内部への微生物の侵入を抑制する貯蔵技術・包装技術などの開発へつながり、食の安全に貢献できると考えられる。

以上より、本研究では、蛍光分光分析により食肉表面の一般生菌数およびATP量の推定をすること、および食肉内部への侵入のメカニズムを明らかにすることを目的とした。

第1章では、Introductionとして、研究全体の背景を述べ、1.1節から1.3節において、食肉処理場における微生物汚染状態の実情について、解決すべき問題点とあわせて触れた。1.4節で食品分野における光センシング技術の応用例に触れ、1.5節で食肉内部への微生物の侵入現象に触れた。1.6節で本研究の目的を述べた。

第2章では、励起蛍光マトリックスによる食肉表面の一般生菌数およびATP量の推定を行った。2.1節で、光センシング、特に、本研究で用いる励起蛍光マトリックスを用いた食肉表面の清浄度評価技術の既往の研究に触れた。2.2節で、ATPの蛍光情報を抽出するための新たな前処理として、平面的な微分処理である二次元Savitzky-Golay二次微分法を提案した。この処理法をPseudomonas菌液の励起蛍光マトリックスに適用し、上記処理法を二度適用することによる四次微分処理により、ATP由来の蛍光情報が検出

できることを明らかにした。その上で、2.3 節で二次元 Savitzky-Golay 二次微分法を用いて、豚肉表面の一般生菌数および ATP 量の推定モデルを構築した。まず、励起蛍光マトリックスの四次微分処理により、豚肉表面の励起蛍光マトリックスから、ATP 由来の蛍光情報の検出に成功したことを述べた。また、この取得した蛍光強度四次微分値が、一般生菌数の増加に伴い増加し、両者の間に 0.5 の決定係数が得られたことを述べた。これは、微生物の増加に伴い、微生物のもつ ATP が増加していることに対応する。そして、四次微分励起蛍光マトリックスから豚肉表面の一般生菌数および ATP 量を推定するモデルを構築し、前処理をしない原励起蛍光マトリックスから推定した場合に比べて推定精度が高いことが確認された。さらに、スコアとローディングの解釈より、四次微分励起蛍光マトリックスから作成されたモデルには、ATP の蛍光情報の変化が反映されていることを示した。これは、従来モデルにおいてモデルへの寄与が明らかにされていたトリプトファンと NAD(P)H に加えて、ATP 由来の蛍光情報がモデルに反映されていることにより、推定精度が向上したものと結論付けられた。

第 3 章では、食肉内部への好気性細菌の侵入に関する数学的モデリング解析を行った。3.1 節で、食肉内部への微生物の侵入の数学的モデリングを行い、文献による実験値を用いてバリデーションを行った。そしてこの数学的モデリングをもとに、食肉内部への好気性細菌の侵入のメカニズムを明らかにした。すなわち、食肉内部への好気性細菌の侵入は、酸素濃度の高い食肉表面へ向かう走化性と、酸素濃度の低い溝の奥深くにおける酸素飢餓を避ける性質が相俟って侵入が抑制されているという理解に至った。また、この理解をもとに、3.2 節で、食肉内部における安全な部位を明らかにすべく、食肉内部への好気性細菌の侵入深さを定量化し、表面の一般生菌数との関係を明らかにした。

第 4 章では、Conclusions として、励起蛍光マトリックスと数学的モデリング解析により、食肉表面の清浄度と食肉内部への微生物の侵入の程度の同時定量的評価が可能になった旨述べ、結論付けた。

以上、本論文では、励起蛍光マトリックスに対する新たな前処理手法を提案し、これを用いて ATP の蛍光情報の抽出に成功し、豚肉表面の一般生菌数及び ATP 量を推定するモデルを構築した一方で、食肉内部への好気性細菌の侵入のメカニズムを明らかにした。

これらの研究成果は、学術上応用上寄与するところが少なくない。よって、審査委員一同は本論文が博士（農学）の学位論文として価値あるものと認めた。