

#### 4. 外国人特別研究員との共同研究の概要 (外国人特別研究員との分担状況を明らかにした上で簡潔に記述してください。)

Summary of the collaborative research (Clarify your role and the Fellow's role in the collaborative research.)

ハイパースペクトルカメラを使用して、ウインナーソーセージの理化学特性等品質の空間分布を可視化する研究を共同で行った。受入研究者(牧野)は、試料の調達のための精肉業者との打ち合わせや、研究用機器等ハードウェアが正常に機能するよう、保守管理を担当した。

外国人特別研究員(Feng)は、試料の貯蔵及び経時的な分光分析による理化学特性の空間分布を可視化する実験を行った。

その結果、ウインナーソーセージの二次元分光吸収スペクトルを入力変数として部分最小二乗回帰分析(PLSR)等の機械学習でモデル化することで、pH、赤色度、アデノシン 5'-三リン酸(ATP)の空間分布を可視化することが可能であった。

#### 5. 外国人特別研究員との共同研究の成果とその評価

Results and Evaluation of the collaborative research

ハイパースペクトルカメラは、リアルタイムで1画素ごとに多波長の分光吸収/反射スペクトルデータを格納できる、非破壊検査装置である。本研究では、当該カメラを使用してウインナーソーセージの理化学特性等品質の空間分布を可視化する研究を行った。

使用したハイパースペクトルカメラは、150 Wキセノン+150W タングステン-ハロゲン混合光源、透過型分光器、12ビットデジタルカメラ、試料台、データ処理装置(PC)で構成されている。東京都内の量販店にて購入した食肉を試料台に乗せ、波長範囲380~1,000 nm、波長分解能5 nmでデータを計測した。PCへのデータの取り込みは、SpectrumAnalyzer ver. 1.8.5 (JFEテクノリサーチ)を使用した。データの統計解析と品質予測結果の可視化はMatlab ver. 2018a (MathWorks)、統計解析用プログラム言語Rにて行った。

pHは微生物増殖に影響を及ぼし、中性を示す7から離れた値を取るほど、微生物増殖が抑制される。すなわち、pHは食品、ひいてはウインナーソーセージの衛生管理のため、重要な理化学的特性と考えられる。本共同研究では、市販の調理済みウインナーソーセージを4°Cで1 dまたは35°Cで1-5 d貯蔵し、経時的に分光吸収スペクトルと電極によりpHを測定した。Rで作成した予測モデルにより、決定係数0.909、予測標準誤差0.035の精度でpHの非破壊予測が可能であった。

次に、ウインナーソーセージの赤色度の非破壊予測を試みた。当該食品は、貯蔵期間が長くなるほど赤色度が増すことが知られていることから、その鮮度と関係が深い理化学的指標と考えられている。本共同研究では、市販の調理済みウインナーソーセージを8°Cで57 d貯蔵し、経時的に分光吸収スペクトルと色彩計により赤色度を測定した。RとMATLABで作成した予測モデルにより、決定係数0.792、予測標準誤差1.302の精度で赤色度の非破壊予測が可能であった。

さらに、ウインナーソーセージに含まれるATPの非破壊予測を試みた。ATPは全ての生物が保有している高エネルギー化合物であり、微生物増殖に起因する腐敗の進行とともに、ATP含量が増加することが知られている。このことから、ATP含量の予測はウインナーソーセージの衛生管理上重要な指標であると考えられる。本共同研究では、市販の調理済みウインナーソーセージを35°Cで5 d貯蔵し、経時的に分光吸収スペクトルとルミノメーターによりATPを測定した。Rで作成した予測モデルにより、決定係数0.8606、予測標準誤差0.014の精度でATPの非破壊予測が可能であった。

食肉に関する研究例は数多く報告されているが、その加工品については、研究例が不足している現状にあり、その取り組みを強化する必要があると考えられている。すなわち、食肉に比べて研究データが不足している現状にある。本共同研究は、主要な食肉加工品であるウインナーソーセージを対象とした研究に取り組んだことから、当該研究分野の学術的進展に貢献する成果を挙げられたものとする。

ウインナーソーセージは品質保持が難しく、特に衛生管理に注意が必要であり、これを怠れば、重篤な食中毒を惹起する危険性がある。本共同研究では、ウインナーソーセージの衛生状態と関係の深い理化学的特性であるpH、赤色度、ATP含量を選択して非破壊予測法を明らかにするとともに、可視化する研究を行った。非破壊予測については、対象物を破壊することなく品質検査が可能であることから、全数検査に

対応可能である。破壊検査であれば無作為に抜き取った試料を分析することから検査漏れの懸念があるが、全数検査であれば検査漏れが無い場合、食の安全安心に貢献できる。また、可視化については、加工・流通現場に本共同研究での成果を導入した際に、品質管理担当者が理化学的特性の分布を容易に視認できることから、実用化の面においても、有意義な成果が得られたものと評価できる。