

氏名	千葉 啓		
学位の種類	博 士 ( 農 学 )		
学位記番号	博 甲 第 9 0 6 2 号		
学位授与年月日	平成 3 1 年 3 月 2 5 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
審査研究科	生命環境科学研究科		
学位論文題目	蛍光指紋によるチェダーチーズ熟成度指標値の推定に関する研究		
主査	筑波大学教授 ( 連携大学院)	博士 ( 農学)	等々力 節子
副査	筑波大学教授	工学博士	中嶋 光敏
副査	筑波大学教授	博士(農学)	北村 豊
副査	筑波大学助教	博士(農学)	源川 拓磨

## 論 文 の 要 旨

審査対象論文は、著者が、プロセスチーズ製造工程の効率化のため、原料用ナチュラルチーズの熟成度指標値を迅速に把握する手法として、蛍光指紋と多変量解析を用いた新規評価技術の可能性に着目し、その応用について検討したものである。

本論文は 7 章で構成される。第 1 章「緒論」において、著者は、プロセスチーズ製造を取り巻く状況を概説し、品質安定に必要な原料ナチュラルチーズの熟成度評価において、従来の化学分析や官能評価にかわる迅速な新規評価手法の開発の必要性を整理し、本研究の目的と方針について記載している。

第 2 章「既往の研究」では、著者は初めにプロセスチーズ用原料ナチュラルチーズの分類を示し、それらについて、現在利用されている評価方法を概説している。また、分光学的手法の乳業への応用の現状や、これまで食品分野において開発された蛍光指紋による迅速評価法に関する先行研究をレビューし、本研究の意義および解決すべき課題を明確にしている。

第 3 章「ノーマルタイプチェダーチーズ熟成度指標値の蛍光指紋による推定」では、著者は基礎的検討として、ノーマルタイプのチェダーチーズを対象に、化学的熟成度指標値である遊離アミノ酸含量、タンパク質分解度 ( 水溶性窒素 / 全窒素)、熟成期間について、蛍光指紋と多変量解析による推定モデルを作成し、その精度の検証により、これらの指標が許容できる精度で推定可能であることを明らかにしている。

第 4 章「フレーバータイプチェダーチーズ熟成度指標値の蛍光指紋による推定」では、著者は熟成味が強くプロセスチーズの風味を特徴づけるフレーバータイプのチェダーチーズを対象に、第 3 章で取り上げた化学的熟成度指標値の推定について、用途の異なるチーズにおいても応用可能であることを明らかにしている。さらにこれらの推定モデルについて、PLS 回帰における各波長の VIP (Variable Importance in Projection)、SR (Selectivity Ratio) を評価し、脂質酸化物やメイラード反応物などの共通する物質が各化学的指標の推定モデルに寄与することを示唆した。

第 5 章「チェダーチーズ組織熟成度指標値の非接触の蛍光指紋測定による推定」では、著者は、プロセスチーズ組織に硬さを付与するボディタイプのチェダーチーズを用い、チーズ組織の物理的熟成度指標値であるボディ値の推定について蛍光指紋の応用性を検討している。ボディ値は触感による官能評価であり、評価者の育成と尺度合わせが必要なため、より簡便な測定方法が望まれている指標である。研究の結果、ボディ値について精度の高い推定モデルが構築可能であることを示し、更に各波長の VIP や SR の評価から、脂質

酸化物やメイラード反応物が推定モデルに大きく寄与していることを明らかにした。

第6章「蛍光指紋によるチーズ組織熟成度指標値の推定機構の考察」では、著者は、チーズの構造観察、物理特性および遊離アミノ酸含量の測定から、熟成に伴うこれらの変化とボディ値の関連性を考察し、カゼインタンパク質の分解とそれに伴うチーズ組織の構造変化が、ボディ値の低下と高い相関をもって起こることを明らかにした。これらの検討を通じ、第5章で推定の対象としたボディ値が、化学的、構造的な熟成の進行を反映した指標であると特徴付けている。また、ボディ値や化学的熟成度指標値の推定モデルに共通して寄与が高いメイラード反応生成物を取り上げ、熟成に伴ってこの化合物に由来する蛍光が変化するメカニズムから、蛍光指紋測定によりボディ値の推定が可能となる原理を考察した。

第7章「総括」では、上述の研究成果をまとめると共に、今後、製造現場での実用化に向けて検討すべき課題について述べている。

以上の検討により、著者は蛍光指紋と多変量解析を用いた新規手法が、チェダーチーズの熟成度指標値を迅速かつ簡便に評価する手法として有効であることを明らかにした。本研究により乳業分野における蛍光指紋技術の新たな応用可能性が示されており、本技術の導入によって更なるプロセスチーズの品質安定化が期待される。

## 審 査 の 要 旨

本研究は、人材確保・育成や品質評価の効率化という食品製造現場における共通課題に対して、著者が具体的な解決法を提案する研究課題を着想し、チェダーチーズの熟成度指標値の評価について、従来の化学分析や官能評価に代わる、簡便かつ迅速な新規計測手法を検討したものである。著者は、プロセスチーズ用原料チーズの熟成度合いの評価に用いられる、化学的熟成度指標値、物理的熟成度指標値について、蛍光指紋と多変量解析を用いた手法が迅速法として有効であることを総合的に明らかにし、経験や勘に頼ることも多い食品製造工程の改善につながる革新的な技術の応用性を示した。また、熟成度指標値が新規手法で評価できることを示しただけでなく、その推定モデルにはメイラード反応物質等の共通した物質の寄与が高いこと、また官能評価である物理的熟成度指標値について、チーズの熟成に伴う化学的、構造的な変化を捉えた指標値であることを明らかにし、新規評価手法により熟成度指標値が推定可能となる原理を考察して、学術的な知見を示したことも高く評価できる。

平成31年1月22日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもとに論文の審査及び最終試験を行い、本論文について著者に説明を求め、関連事項について質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判定された。

よって、著者は博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものとして認める。