

食品の加熱状況を可視化: メイラード反応を用いた温度インジケータの開発

環境資源学専攻 生物生産工学講座 食品加工工学 原田 立夏子

1. はじめに

食品業界では製品の安全性を確保するために、Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) に代表される定量的な評価に基づいた製造工程全体での衛生管理体制の構築が進められている。しかし現状において、的確な製造工程管理を行うためのハードウェアの開発は遅れている。なかでもハンバーグに代表される食肉製品の加熱状況を適切に把握することは、食中毒防止の観点からも重要であるが、実際の調理・製造現場での品温測定は十分に行われていない。温度履歴の管理・記録に用いられるハードウェアの一つに温度・時間積算計（温度インジケータ）がある。本研究ではメイラード反応を用いた温度インジケータに着目し、メイラード反応の色変化による食品の加熱状況の可視化を実現するために、メイラード反応型温度インジケータの開発を目的とした。

2. 方法

厚生労働省の大量調理施設マニュアルの加熱調理条件のガイドラインである 75°C 1 分で、明確な色変化が得られるメイラード反応の基質条件について検討した。実際の食品への適用可能性を調べるために、ハンバーグに試作したインジケータを埋め込み加熱し、中心温度 75°C 1 分の加熱を視覚的に判断可能であるか検証した。また、ハンバーグの生地に腸管出血性大腸菌 O157:H7 を接種し、75°C 1 分での殺菌状況を確認した。さらに、メイラード反応の色変化を定量的に評価するために、デジタル画像撮影によって得られた RGB 値を用いた分析を行った。定温条件における色変化を変形ロジスティック関数でモデル化し、昇温過程における色変化の予測後、妥当性の検証を行った。

3. 結果と考察

リボース、リジン、リン酸水素二カリウムの組合せ条件において、75°C 1 分で明確な色の変化が得られることが分かった。ハンバーグの中心温度が 75°C に到達した時点と、1 分経過後とでは、インジケータの色に淡黄色から茶色への明確な変化が得られた。また、75°C 1 分の加熱により初期菌数 $6.1 \pm 0.1 \log \text{CFU/g}$ であった大腸菌 O157:H7 が、検出限界以下 ($<1 \log \text{CFU/g}$) まで殺菌されたことも確認された。

色変化の定量的な評価において、一定温度条件における RGB 値の変化は変形ロジスティック関数により高精度で記述することができた。さらに昇温過程においても高精度で色変化を予測できた。以上の結果から、メイラード反応を用いた温度インジケータによって、食品の加熱状況の可視化、さらには予測が可能となることが示唆された。

4. まとめ

食品の加熱判断基準の一つである 75°C 1 分の条件で、色の変化が明確に得られるメイラード反応の基質条件を明らかにした。さらに、試作したインジケータを用いて、ハンバーグの加熱状況の可視化に成功した。また温度に依存するメイラード反応の色変化の数理モデル化、および予測を可能とした。