

食品加工におけるジュール加熱とプログラム加熱

秋山 美展 (あきやま よしのぶ) 秋田県農林水産技術センター 総合食品研究所 管理室長

1. はじめに

人類がはじめて火を使うことを発見してからどれほどの年月が経ったであろうか。火あるいは熱を自在に操ることによって、われわれの生活がいかに快適にまた豊かになったかは容易に想像することができる。現在の食品加工技術においても、加熱・冷却といった熱の制御は、極めて重要かつ基本的な技術であることに変わりはない。われわれは長い間、食品加工における加熱を伝熱（伝導、伝達）、対流、放射の三つの物理現象に頼ってきた。これらを単独、あるいは組み合わせることによって食品の加工に巧みに利用してきた。電子レンジ（マイクロ波加熱器）は、前述の熱移動原理とは全く異なる方法で食品を加熱する方法であるが、電子レンジの登場によって食品の加熱法はさらにその選択肢が広がった。

ジュール加熱は通電加熱とも呼ばれ、加熱対象である食品に直接電流を流して加熱する加熱法である。電気をエネルギーとする点では電子レンジと似ているが、加熱原理は全く異なっており、他の加熱法にはない様々な特徴を有している。本稿ではジュール加熱技術の原理と食品加工に応用した場合の有用性を中心に紹介する。

2. ジュール加熱の原理と特徴

ジュール加熱法は従来の伝熱による加熱とは異なり、加熱対象自身が発熱する。また、加熱の直接的エネルギーが電気エネルギーであるため、ジュール加熱には特有のいくつかの特徴がある。食品加工を行う上でジュール加熱の長所と短所について（表1）に示す。

ジュール加熱の最大の特徴は、伝熱加熱に比較して極めて精密な温度制御が可能である点である。伝熱加

表1 ジュール加熱の長所と短所

長所	温度制御精度が高い 温度変更応答が速い 過加熱の恐れがない 被加熱材料が焦げない 高粘度材料の均一加熱性能が高い エネルギー変換効率が低い 燃焼を伴わないのでクリーンである 熱発生・供給設備を必要としない
短所	油脂、低水分材料は加熱できない 材料の電気抵抗率の影響が大きい 包装後の加熱ができない 加熱容器の断熱性が要求される

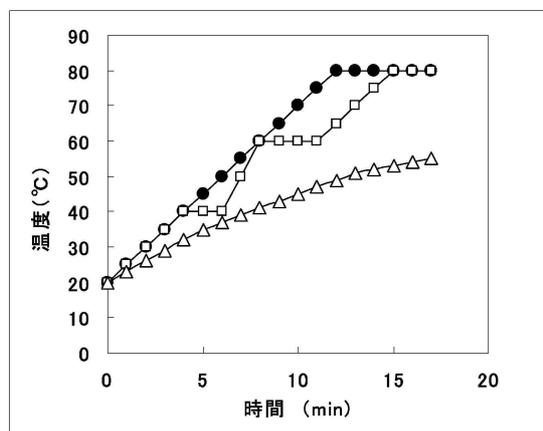


図1 加熱法の違いによる温度履歴パターン
 ●ジュール加熱（単純加熱法）
 △伝熱加熱（従来法）
 □プログラムジュール加熱

熱の場合、加熱のためのドライビングフォースは被加熱物と熱源との温度差 (ΔT) に比例するため、目的温度に近づくほど昇温速度は低下する。昇温速度を低下させないためには ΔT を常に大きくとればよいが、今度は目的温度に対する制御精度が低下してしまい、ややもすると目的温度を超えた過加熱に陥るといったジレンマがある。（図1）にジュール加熱と伝熱加熱におけ