

食品乾燥の基礎知識

～平衡含水率と乾燥のメカニズム～

相良 泰行 (さがら やすゆき) 東京大学大学院 農学生命科学研究科 農学国際専攻 教授

1. はじめに

農産物や食品を乾燥する本来の目的は、対象とする材料の貯蔵性を高めることにある。穀物・鰹節・ふりかけ・干魚などは、乾燥により長期貯蔵が可能となった食品の典型例である。これに対し、カップラーメン、インスタントコーヒーやスープ類、スキムミルクなどは、貯蔵性の他に調理の簡便性を向上させたもので、多忙な我々の日常生活に欠かせない食品となっている。これらの食品材料を対象とした乾燥操作の特色は、乾燥製品の品質維持または向上を最優先させながら乾燥効率を高める操作法を採ることにある。また、乾燥装置の設計・操作に当たり、最初に必要な情報は対象材料の乾燥特性であり、これを把握するために多様な計測法が用いられてきた。本稿では食品乾燥に必要な基礎知識、特に湿潤材料の標準的乾燥特性曲線の概要および穀物や食パンの熱風乾燥特性計測例について概説する。

2. 乾燥現象解明の現状

食品工場の加工ラインには各種の単位操作 (unit operation) が含まれ、これらは選別・粉碎など、熱移動を伴わない機械的単位操作 (mechanical unit operation) と焼成 (baking)、乾燥 (drying)、濃縮 (concentration)、蒸留 (distillation) など、熱移動を伴う熱的単位操作 (thermal unit operation) に分けられる。これらの熱的操作を行う機械装置・設備の設計や合理的操作法を検討するためには、対象とする材料内の水分移動現象や材料そのものの物性値を知る必要がある。他方、レストランや家庭内における調理のプロセスには多様な加熱操作が含まれている。そこで対象とする食品素材、使用する機器や設備、調理の目

的と方法などは多種・多様であり、これらを組み合わせた加熱操作の伝熱機構やこれに伴う水分移動の様態を現象論的に解明することは極めて困難である。

したがって、食品の大規模生産であっても、小規模な調理であっても、加熱による材料内の水分移動のメカニズムを統一的に解明した理論・解析は存在しない。このため、農産加工、食品工学、化学工学、家政学等の分野では、個々の熱的操作に伴う水分移動現象に関する研究が進められている。そこでは主に、比較的均一な構造と性質を持ち、さらに加熱プロセスにおける物理化学的変化が無視できるような材料を対象とし、また、操作の面でも単純化が可能な現象に関する計測・解析が行われている。

一見複雑にみえる調理加熱や乾燥現象も、そのプロセスに支配的な現象を抽出して分離・単純化し、これに物理化学や移動現象論 (transport phenomena)¹⁾ などの手法を適用することにより、解明が進むものと考えられる。このためには、主たる現象を把握するための計測法を開発し、現象を数量化・単純化するためのモデリングと解析手法、さらに、これらを再統合して当初の複雑な現象を理論的に再現するためのシステム手法等が必要と考えられる。次節では、各種の熱的単位操作の中でも、特に、材料からの水分の除去を主目的とする乾燥操作を例に取り、水分移動に関する基礎的事項を概説する。

3. 乾燥操作の概要

乾燥操作の身近な例として洗濯物の天日乾燥が挙げられる。ここでは、太陽からの熱放射エネルギーが大気を暖め、この大気と直達日射により、水分を含んだ繊維組織が加熱される。この加えられた熱量の一部は水分の蒸発潜熱としても消費される。蒸発した水分は空気の流れによって運び去られる。このように水分を