

食品用凍結乾燥装置と 操作技術の開発動向

相良泰行

さがら やすゆき 東京大学大学院 農学生命研究科
農学国際専攻 教授

1. はじめに

現在、凍結乾燥法は各種薬品や生物材料、飲料などの溶液系材料、細断された食肉や青果物および卵や海藻を含む各種の即席スープ類の製造に利用されている。しかし、高濃度の糖分や塩分を含む材料や大型の細胞質材料の乾燥には採用されていない。この原因はこれらの材料を対象とした乾燥条件が不明で、技術的に克服すべき多くの課題が残され、実用的な乾燥サイクルの設計が困難となっているためである。このような問題点を解決するためには、材料の構造や物性に着目しながら乾燥プロセスにおける熱および物質移動のメカニズムを明らかにするための基礎的研究と、これらの研究に基づく実用装置の設計および最適操作に関する応用的開発研究が必要とされる。

しかしながら、1980年代前半から凍結乾燥に関する学術的報告は数少なくなり、現在では国内または国際会議で報告される学術論文の数も減少傾向にある。このことは凍結乾燥技術にブレークスルーをもたらす画期的アイデアや知見を得ることが困難な状況にあることを物語っていると考えられる。しかし、地球温暖化防止対策の必要性から、新しい自然冷媒を用いた冷凍システムや省エネ加熱システム、さらにはこれらのシステムを融合したヒートポンプ冷凍加熱システムに関する技術革新が望まれている。

筆者らは1970年代後半から、主に食品を対象とした凍結乾燥プロセスに関する研究を開始し、現在も周辺技術も含めた研究を継続している。本稿では主にインスタント食品、特にインスタントコーヒーや即席ワンカップスープ類の製造プロセスに用いられている実用凍結乾燥装置と工程中に含まれる周辺技術・装置・操作法について概説する。

2. インスタント化技術の概要

インスタント食品はその調理の簡便さにより、多忙な近代人の食生活に大きな変革をもたらしている。その代表格は大量消費が見込まれるインスタント飲料類と即席麺類であろう。これらの製造工程は多種類の単位操作（unit operation）で構成されるが、その中でも目的の商品を製造するためには他の技術で代行できない核心的技術と、これを取り巻く汎用的な周辺技術に大別される。例えば即席麺の製造を可能にした核心技术は生麺のアルファ化（糊化）技術であり、また、凍結乾燥法はインスタント飲料製造の核心技术である。その商品は「フリーズドライ」という乾燥技術の名称をマーケティングの前面に打ち出して販売されている。このうちアルファ化技術はインドなどの熱帯地域で米を長期貯蔵するために用いられてきた方法を改善・応用した技術であり、歴史的には伝統技術の部類に属している。これに比べ凍結乾燥法は第二次大戦中に医薬品の製造に用いられ、近年に至って多様なインスタント食品の製造に用いられている代表的核心技术と言える。また、その周辺技術にはカフェインレスコーヒーの製造を可能にし、ビールのホップエキス抽出にも用いられている「超臨界流体抽出」などの技術が用いられている。一方では省力・省エネルギーを目指した機械設備の開発や制御法、さらには環境問題に配慮した製造プラント全体の見直しなども進められている。このように、食品加工・製造の現場では核心技术と周辺技術の両面に渡って、従来から存在する伝統技術の改善・革新と全く新しい着想から得られた先端技術の導入が進められている。これらの動向を説明するために、次節ではインスタントコーヒー製造プロセスの現状と研究・開発の課題を概観する。

3. コーヒー製造プロセスと研究開発の課題

3.1 原料と配合

インスタントコーヒー製造プロセスの工程編成の典型例と現在進展している各工程に関連する先端技術の研究課題を図1に示す。工程は熱的単位操作と機械的単位操作に分けて示している。原料は主にブラジル、インドネシアおよびコロンビアなどの国々から輸入されている。日本に輸入される豆は現地で果肉を除去した後に乾燥・選別した生豆で、その表面色は淡いレモン色を呈している。これらの生豆は製品別に製造会社独自の配合割合で配合される。配合は乾燥製品の特徴を創出してその品質を一定に維持し、さらに、その