

(6)食品水分状態を指標としたドライシステムに関する研究開発（平成20年度～平成22年度）

研究のねらい

乾燥工程は食品から水分を除去することが主たる目的であり、食品中の水分移動機構や乾燥に関与する水分状態の把握を行うと共に、得られた情報の実工程への適応が重要なる。乾燥工程中の水分移動機構や水分種存在状態を把握することにより、乾燥原料の種類や形状、成分などが変化した場合においても、水分種状態という汎用的な因子を用いて効率的な乾燥操作の指針情報や品質面への対応も可能となる。本研究では、乾燥工程中に複雑に変化する食品内水分種状態を把握し、その水分種状態を指標に乾燥条件の最適化を図るドライシステム技術の構築の構築を目指した。

研究の方法

- 1) 乾燥工程中の食品水分種状態変化の評価と分類
- 2) 水分種状態を指標とした乾燥挙動予測式の検討

研究成果の概要

- 1) 食品乾燥工程中の食品内水分状態の変化を、脱水挙動、水分の有効拡散係数(De)、 De の活性化エネルギー(E_D)を用いて評価した。水産物乾燥の一例としたサケトバの乾燥の場合、乾量基準含水率(W)=110%-d.b.を境界として、 De や E_D が大きく変化し、 $W_0 > 110\%$ -d.b.の領域(領域Ⅰ)では De は W_0 に依存せずほぼ一定値を与えるが、 $W_0 < 110\%$ -d.b.の領域(領域Ⅱ)では W_0 の低下に伴い De も急激に減少する。この結果は、サケトバ内水分種が含水率に応じて領域Ⅰの移動しやすい水分種(水分種 A_1)から、領域Ⅱの移動しにくい水分種(水分種 A_2)に変化していることを示している。 E_D も領域ⅠとⅡとで異なり、領域Ⅰでは W_0 に依存せず22kJ/mol一定値を与えるが、領域Ⅱでは W_0 の低下に伴い23~38kJ/molへと急激に増加する。したがって水分種 A_2 は水分種 A_1 に比べその拡散移動のためのエネルギー障壁が大きく、含水率の低下に応じてその大きさを拡大させることが分かる。
- 2) 水分種の特性を評価する手法として、水のプロトン(1H)のNMR解析法がある。乾燥工程中のサケトバ水分種の違いをより明確に評価するために、異なる含水率試料の 1H -NMR測定を行った。観測したNMRスペクトルの主ピークは水分のスペクトルであり、そのスペクトルから得られる緩和時間(T_2)から算出した相関時間(τ_c)は水分子の回転運動の速さを表している。サケトバの W_0 に対する水分種 A の τ_c の変化は、 $W_0 = 90 \sim 110\%$ -d.b.付近で τ_c の大きな変化がみられ、 $W_0 > 90 \sim 110\%$ -d.b.では一定値 $\tau_c = 5.0 \pm 1.5 \times 10^{-9}$ sを与え、 $W_0 < 90 \sim 110\%$ -d.b.では $\tau_c = 1.0 \sim 13 \times 10^{-8}$ sを与える。この様にサケトバ中の水分のNMR解析より水分種 A_1 は水分子の回転運動が速くサケ構造体からの束縛が弱い、また A_2 は運動が遅くサケ構造体からの束縛の強い水分種として理解できる。このNMR解析を用い、イカ、ボイルイカ、タコ、ボイルタコ、ホタテなどの乾燥工程中の水分状態の評価を行い、水分種 A_1 と A_2 に分類でき、その境界は $W = 100 \sim 130\%$ -d.b.の範囲であることを明らかにした。
- 3) 食品中の水分種状態を指針として、乾燥工程中の乾燥挙動を予測できる乾燥挙動予測式の提出を試みた。このために異なる束縛度合いの水分種 A_1 、 A_2 がそれぞれ固有の完全混合水槽に蓄積されていると仮定した水槽モデルを用いた。各水槽の水分は、異なる物質移動係数 k_w 、 k_s に従って脱水される。サケトバ乾燥の場合について乾燥挙動予測式のパラメータを De 、 E_D より求めた。その結果、乾燥テスト結果と計算結果は良く一致し、この脱水応答式により乾燥条件を変化させたときや複合させたときの乾燥挙動を予測できる。今後、この脱水応答式を異なる乾燥物に適用すると共に、乾燥条件の主要因子の一つである湿度をパラメータとした乾燥挙動予測式を構築する予定である。

担当者 小西靖之、菅原智明

