根菜類のマイクロ波真空乾燥における収縮抑制に関する研究

Study on Shrinkage Suppression of Root Vegetables using Microwave-Vacuum Drying

○学 石橋 涼汰¹, 学 沼田 拓也², 正 谷川 洋文², 正 鶴田 隆治²

Ryota Ishibashi¹, Takuya Numata², Hirofumi Tanigawa² and Takaharu Tsuruta²

¹ Graduate School of Engineering, Kyushu Institute of Technology, Tobata-ku, Kitakyushu, 804-8550, Japan

² Department of Mechanical Engineering, Kyushu Institute of Technology, Tobata-ku, Kitakyushu, 804-8550, Japan

Key Words: Food drying, Microwave-vacuum drying, MRI measurement, Shrinkage, Glass transition

1. 緒言

食品の乾燥では水分が減少すると共に収縮変形が生じる。収縮変形は外観の悪化や水戻し性の低下を引き起こす非理想的な現象である。そのため、高品位な乾燥品を得るには品質の維持と共に収縮を抑制する必要がある。これを実現する乾燥法として、我々はマイクロ波真空乾燥(以下、MVD)法を提案している。乾燥室内を減圧することで水の沸点を下げ、そこにマイクロ波を照射することで乾燥試料の水分に蒸発潜熱のみを供給する。乾燥時の試料温度は常温のため、高品位・高効率な乾燥法である。これまでの研究から、MVDでは試料中心から乾燥が進み、ガラス転移温度が乾燥温度を上回ると試料中心からガラス化し、収縮量が小さくなることを確認している。本稿では、MRIを用いて内部の水分状態を観察し、収縮抑制が可能な乾燥条件とそのメカニズムについて考察した。

2. 実験装置及び方法

MVD装置は乾燥室となる真空容器に3rpmで回転するターンテーブルを置き、容器内を減圧し、窒素ガスを導入しながらマイクロ波を照射し、乾燥を行う。真空容器の圧力は約5kPa、窒素ガスの流入量は3.0L/minとしている。試料には初期含水率の異なるダイコン、ニンジン、ジャガイモを採用し、直径20[mm]、長さ40[mm]の円柱状にカットする。試料はターンテーブル上に同心円状に3つ、中央に1つ設置し、光ファイバー温度計を用いて中央の試料の内部温度を測定する。本実験ではマイクロ波を連続的に100W照射する実験と、400Wで10秒照射し、30秒休止を繰り返す実験を行った。ただし、試料温度が40℃を上回らないように照射量は適宜低下させる。

3. 実験結果及び考察

乾燥実験を行い、以下の結果を得た。

- ・ マイクロ波の連続照射と間欠照射を比較すると、間欠照射の方がより速い乾燥速度を示した。間欠照射では試料内部を短時間で急速に加熱し、水分移動を促進するためである。
- ・ ジャガイモの乾燥実験において、間欠照射が連続照射よりも収縮を抑制した。この要因として水分分布とガラス化が関与している。図1はMRI計測で得た無次元含水率0.6付近でのジャガイモ内部の水分分布画像である。間欠照射で乾燥させたジャガイモは中心部が急速に乾燥し、大きな空洞を形成している(図1-a)。無次元含水率0.01付近のジャガイモはガラス転移温度が約45℃となり、乾燥温度よりも高い。そのため、中心部がガラス化し、形状を維持したまま乾燥が進み、収縮を抑制している。一方、連続照射で乾燥させたジャガイモは内部に亀裂が形成される(図1-b)。間欠照射の場合と同様に含水率が低下するとガラス化するが、間欠照射で形成された領域と比較するとガラス化した領域は小さく、収縮抑制に及ぼす影響は僅かと考えられる。
- ・ ダイコン、ニンジンに関しては、全乾燥期間においてガラス転移温度は乾燥温度以下であるため、ガラス転移の影響は無く、水分が減少した分だけ収縮する。
- ・ MRI計測や含水率測定のために試料を減圧容器から途中で取り出していたが、この操作は大気圧により試料を圧縮し、収縮を促進させる原因となることが分かった。途中で取り出さずにジャガイモの乾燥実験を行うと、減率乾燥期間において収縮量が減少し、乾燥速度が上昇した。

Fig. 1 MRI imaging of potato