

高機能性セルロースナノファイバー(CNF)・カーボンナノチューブ(CNT) 複合構造体の開発および低温型遠赤外線乾燥システム等への応用

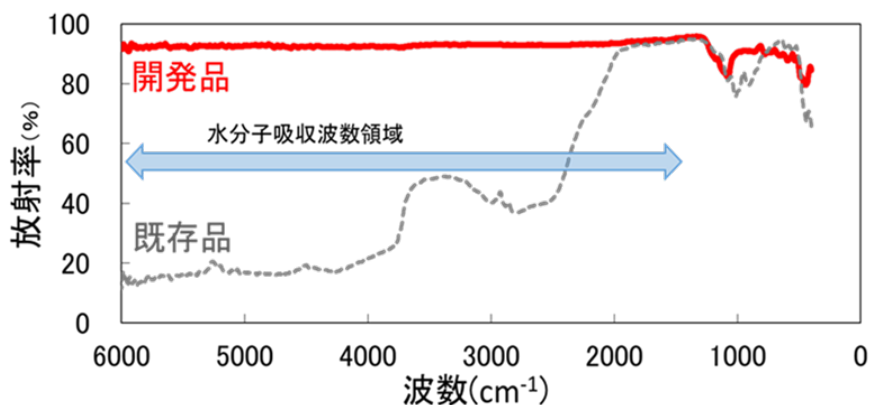
コンソーシアム名: CNF・CNT 融合 & 食品低温乾燥応用コンソーシアム
研究代表機関名: 国立大学法人東京大学

背景とわらい:

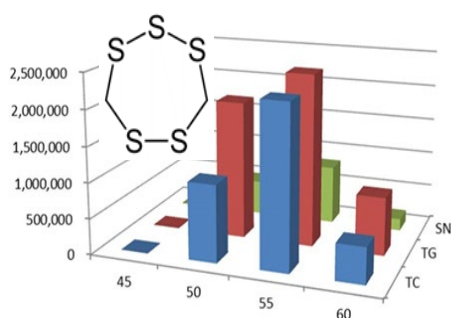
食品乾燥加工のコストを削減し、食品の食味を損なわない新規乾燥技術が求められている。本研究では、CNF を使い、カーボンナノ集合体のバンドギャップを制御することによって、水分子が選択的に吸収する領域に於ける遠赤外線の放射率 > 85% の新規高機能性低温型遠赤外線発生源を開発した。生椎茸等の食品乾燥に応用したところ、通常の熱風乾燥と比べ、乾燥時間が短縮され、香気成分と旨味成分の含有量も増えたことが確認された。

成果の概要:

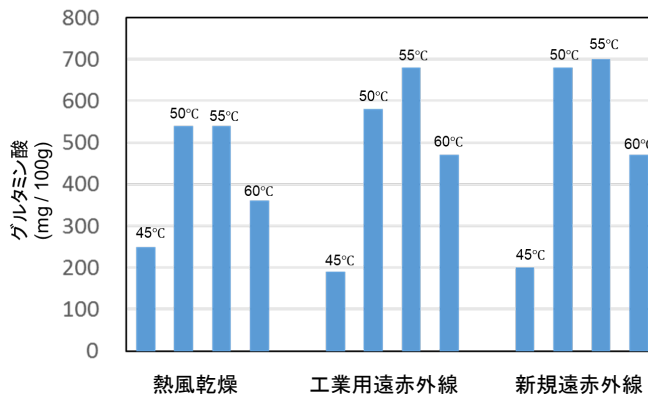
穀物を対象とした乾燥手法としては、遠赤外線乾燥の優位性が注目されて久しく、遠赤外線乾燥機の普及台数は増加の一途をたどる。累積出荷台数は 2010 年時点で 10 万台を超え、2003 年から 2008 年までの乾燥機出荷台数に対する遠赤外線乾燥機の出荷割合は 51% である。農業機械の温室効果ガス削減対策として、省エネ農機の普及が促進されていることもあり、環境の観点からも一定の効果が期待でき、出荷台数は伸び続けている。一方で、生椎茸等のような含水率が高いにも関わらず、低温領域で乾燥処理しなければならない新鮮食品素材を乾燥する場合は、伝統的な熱風乾燥処理が現在でも主流になっている。本研究では、食品乾燥加工のコストを削減し、食品の食味を損なわない新規高機能性低温型遠赤外線発乾燥技術を開発した。直径約 3nm のセルロースナノファイバー (CNF) を使い、カーボンナノチューブやグラフェン等のカーボンナノ粒子集合体の接点 (ジャンクション) のエネルギー準位を制御することによって、水分子が選択的に吸収する領域の遠赤外線放射率を 85% 以上に増やした技術を開発した。研究期間の前半では、①CNF の熱および遠赤外線に対する安定性の検討、②CNF の役割、③低温乾燥に適した商品価値の高い遠赤外線発生源の検証に焦点を絞り込み、研究を進めてきた。後半では、CNF の熱安定性の検討を更に深掘りしながら、新規高機能性遠赤外線乾燥機を目指した乾燥装置の試作、並びに乾燥条件の最適化を行いながら、従来の乾燥方法と比べた優位性を明確にする研究を行った。特に、本研究プロジェクトで作成した遠赤外線ヒーター (水分子が吸収する領域に於ける遠赤外線放射率が高い) を用いた場合の椎茸については、汎用の熱風乾燥や市販品の遠赤外線ヒーターと比べ、乾燥処理された椎茸特有の香気成分であるレンチオニンや、旨味成分であるグルタミン酸とグアニル酸の含有量が高くなったことを示唆する実験データが得られた。また、乾燥時間も、従来の熱風乾燥より著しく短縮されたことも定量的に確認された。お茶 (碾茶) の乾燥については、実験の結果、本研究で開発した新規遠赤外線ヒーターは、市販品の遠赤外線ヒーターと比べ、昇温速度が速い事、最高温度が高い事、並びに、水分が多い場合には、乾燥時間が短縮される事が確認された。また、お茶、椎茸、ワサビ、わかめ、かつお節は、我が国の農林水産業において重要度の高い産品であり、海外に輸出されている農産品の中でも、特に付加価値が高い。これらを本研究で開発した低温遠赤外線乾燥技術を用いて、原材料を効率よく乾燥することで、さらに付加価値の高い商品を国内外に提供できると期待されている。



新規低温遠赤外線ヒーター (開発品) と工業用遠赤外線ヒーター (既存品) との放射率の比較。



熱風乾燥（緑）、既存品（工業用遠赤外線ヒーター、青）と新規開発品（低温遠赤外線ヒーター、赤）をそれぞれ用い得られた乾燥椎茸中のレンチオニン量の比較。



熱風乾燥、既存品（工業用遠赤外線ヒーター）と新規開発品（低温遠赤外線ヒーター）をそれぞれ用い得られた乾燥椎茸中のグルタミン酸量の比較。乾燥温度：45°C、50°C、55°C。

商品化と社会実装の構想：

事業化する製品の内容

低温遠赤外線ヒーターの製造と販売を行う。販売価格は5,000円/個（標準サイズ123mm×123mm）に設定する。ヤマキ電器株式会社（4700円前後/個）をはじめ、国内他社、海外輸入品は5,000～7,000円前後/個で販売されていることから、市場の価格競争に問題ないと判断している。

生産設備・生産体制計画

遠赤外線ヒーター本体のボディは、ヤマキ電器株式会社が長年商品化しているセラミックヒーターと同じ中間体を使用する。遠赤外線ヒーター本体を生産する設備投資は不要である。「CNT+CNF 遠赤外線コーティング材のコート・焼き付けする設備」および「シリコンの含侵・焼き付け設備」の2工程に関しては新設する必要がある。また、月産100個前後の生産能力を要する設備投資（300～400万円）から開始し、売上の状況を分析しながら、2023年12月を目標に業務を製造部に移管して本格販売を行う予定である。食品用遠赤外線乾燥機の製作と設計は、ヤマキ電器株式会社が工業用ヒーター用の制御機器を依頼している設備メーカーの協力で、本事業で製作した食品用遠赤外線乾燥機のデータ収集、展示会出品で得た食品メーカーからの意見を参考にして2022年4月以降の販売準備を進める。

販売戦略

ヤマキ電器株式会社の営業部を活用して売込みと情報収集を行う。国内の展示会を利用した顧客開拓と、工業用ヒーターを販売している代理店の協力を得て開発内容を外部へ発信する事で販路拡大に繋げる。小規模生産者の課題である人工培養キノコ類の余剰品（売れ残り・過剰在庫品の廃棄）を乾燥させて有効利用し、食品用遠赤外線乾燥機のコストダウンを行い、小規模生産者への普及を目指す。また、被乾燥物の劣化を抑えた乾燥ができる利点や、他社製品の放射率特性と比較して高効率である内容を市場にアピールして顧客獲得を進める。

工業ヒーター（自動車塗装・樹脂フィルム成形用）は、セラミックヒーター単体の販売が多いが、食品業界の中小規模生産者への販売は乾燥機としての設備売りが主体になると考えている。ヤマキ電器株式会社は、2023年12月からの本格販売の年間売上目標を1000万円と計画している。

参考文献：

A finger-jointing model for describing ultrastructures of cellulose microfibrils, Bunshi Fugetsu, Vipin Adavan Kiliyankil, Shoichi Takiguchi, Ichiro Sakata & Morinobu Endo Scientific Reports volume 11, Article number: 10055 (2021).

構成員名：

国立大学法人東京大学大学院工学系研究科/未来ビジョン研究センター
 ナノサミット株式会社
 あいち産業科学技術総合センター
 第一工業製薬株式会社
 愛知県農業総合試験場
 ヤマキ電器株式会社

問い合わせ先

ヤマキ電器株式会社 TEL：(0561)53-0560