

要約

デンプンは多数のグルコース分子が結合した巨大な分子構造を持ち、植物にとって成長や代謝のエネルギー源となる重要な生体分子である。農産物の栽培環境を制御することで、デンプンの分解を促進させることができると、栽培速度の向上や機能性成分の増産に貢献できると期待される。デンプンの分解を促進させる方法の一つとして、過去に微小重力環境である宇宙空間で農産物を栽培する方法が提案されている。一方、地上でこのような擬似微小重力環境を作り出す装置として、クリノスタットによる研究が古くから行われていたことから、本装置を用いることで地上でも同様の現象を誘発できると考えられる。また、このような環境下において、デンプン分解量を継続的にモニタリングすることができると、農産物内での物質変化や機能性物質の生成メカニズムの理解に役立つことが期待できる。しかし他の物質と比べてデンプンがあまりにも巨大であるため、定量には酵素法を用いた化学分析法が一般的であり、試薬などを用いることから簡便な測定法とは言い難い。近年、研究が進んできたテラヘルツ分光法のうち、特に赤外線との境界領域では分子間振動モードや分子内の低振動モードを直接観察できるため、デンプンのような巨大分子の構造を反映した吸収スペクトルが観察できることが期待でき、そこからデンプン量を推定できる可能性がある。そこで本論文では、栽培が容易なリョクトウの発芽初期において、①クリノスタットがデンプン分解量と機能性成分に与える影響の評価および、②テラヘルツ分光法を用いたデンプン量推定の可能性について検討している。

本論文は全6章から構成されており、第1章では本研究の背景・目的を述べている。第2章ではクリノスタットがリョクトウの色素量に与える影響を、続く第3章ではデンプン分解量や抗酸化物質の量に与える影響を調べている。重力に対して横向きに植えたリョクトウ種子の伸長方向を回転軸とし、クリノスタットを用いて2 rpmで回転させながら2～4日間栽培し、通常の重力下で栽培したものと比較した結果、酵素のアミラーゼが活性化し、デンプン分解が促進されることを確認している。機能性成分についてはアントシアニンのように減少する成分も見られたが、カロテノイドやアスコルビン酸は増加することが認められ、さらに抗酸化作用についてもクリノスタット区で高い値が得られた。これらの結果から、クリノスタットによる微小重力環境下で栽培したリョクトウは、デンプンから生成されたグルコースやスクロースが多い状態にあり、これらの糖がカロテノイドやアスコルビン酸の合成を促進するシグナルや前駆体として作用したために抗酸化作用が向上したと述べている。

テラヘルツ分光法を用いたデンプン量の推定に先立ち、第4章では標準品の試薬を用いてデンプンや構造が類似した糖類のテラヘルツ分光測定を行い、1.5 から 13.5 THz (50 から 450 cm^{-1} に相当)の測定帯域において、デンプンは5.0, 7.8, 9.0, 10.5, 12.1, 13.1 THzに6つの吸収ピークを持つことが分かり、また結晶性分子とアモルファスとの比較から5.0, 7.8 THzの2つピークは分子間振動モード、他の4つのピークは分子内振動モードである

ことを明らかにした。構造が似たグルコース、マルトース、オリゴ糖でも 8.5, 10.5, 12.0, 13.0 THz に吸収ピークが確認されたが、これらの糖は 9.0 THz にピークを持たなかったことから、9.0 THz の吸収ピークはデンプンに特徴的なものであると結論付けている。続く第 5 章では、発芽直後から順にサンプリングし、リョクトウ粉末をペレットにしてテラヘルツ分光測定を行ったところ、発芽直後のデンプン含有量が高いリョクトウではデンプン標準品と同様の吸収スペクトルが得られ、生長が進むにつれピーク強度が低下していく様子を明らかにしている。デンプン量の推定に有効なピークを特定するため、デンプン標準品とリョクトウの両方をアミラーゼで加水分解し再度テラヘルツ分光法で測定した結果、加水分解後、両サンプルで 9.0 THz のピークが消失したため、このピークもリョクトウ中のデンプンに由来する吸収ピークであることを明らかにしている。9.0 THz のピーク強度と化学分析によって定量したデンプン量で検量線を作成すると高い相関が得られたため ($r^2=0.95$)、テラヘルツ分光法の応用により薬品を用いた前処理をすることなく農産物内のデンプン量を推定できる可能性を示唆する結果を得ている。第 6 章では本研究の総括を行っている。本研究の結果は、テラヘルツ分光法がデンプン量の推定を可能とし、それらを利用することで、クリノスタットで栽培した農産物の機能性を評価できることを示唆していると結論づけている。また、デンプン分解をより効果的に促進されるためのクリノスタットの条件検討の必要性や、テラヘルツ波を用いたデンプンの非破壊計測についての展望を記している。