

## トマト果実成熟過程における果実硬度変化に対する塩ストレスの影響

浦尾 唯 (筑波大学 生物学類) 指導教員: 岩井 宏暁 (筑波大学 生命環境系)

### 【背景と目的】

塩ストレスは浸透圧ストレス、イオン毒性を引き起こし、植物の生育や代謝に支障をきたす場合が多い。しかし、塩ストレス条件の下で栽培したトマトでは、グルコースやフルクトース等の糖類やプロリン、γアミノ酪酸等のアミノ酸の蓄積が起きることで、商品価値の高い果実が生産できることが知られている。その一方で、塩ストレス条件下での栽培は、果実サイズの減少と果実数の減少、そして果実硬度が上昇するデメリットも生じている。この果実硬度の変化には、細胞壁の構造が大きく関わっている。

現在までに本研究室では、トマト果実の成熟・軟化過程において、組織ごとに異なる細胞壁の分解と合成が起こり、それぞれ異なった性質の細胞壁を再構成していることを報告してきた (Takizawa A et al. 2014)。しかしながら、トマト果実の成熟・軟化に対する塩ストレスの影響については、多くの研究が果実全体での反応を対象としており、組織ごとの詳細な研究はされていない。果実に硬度を寄与する細胞壁が、果実軟化において組織ごとに異なる性質の細胞壁を再構成している以上、塩ストレスの影響が組織ごとに異なる可能性は非常に高いと考えられる。

そこで本研究では、塩ストレス条件下におけるトマト果実において、実際に果実硬度が上昇しているのかどうか、そしてその硬度変化を起こしている原因はなにであるのかを、組織ごとに調査することで明らかにすることを目的としている。そのことを通して、塩ストレスによってトマト果実の食感に変化が起こる仕組みの一端が明らかにできることを期待している。

### 【材料および方法】

#### 1. トマトの水耕栽培および塩ストレス処理

試料: トマト (品種: Micro Tom) を、24°Cのインキュベーター内で Yin et al. 2010 の方法を用いて水耕栽培を行った。水に濡らしたろ紙にトマト種子を播種し、子葉が出た後ロックウールに植え替えを行った。塩ストレス処理は花が咲き始めた時点で行い、NaCl 濃度の調節は電気伝導率測定器を用いて徐々に濃度を上昇させ最終的に 150 mM で栽培を行った。

#### 2. サンプルング

1 によって育てたトマト果実を成熟段階で 6 ステージ (Immature green, Mature green, Breaker, Turning, Red ripe, Over ripe)、果実の組織を 5 つの組織 (外果皮、中内果皮、隔壁、ローキュラー、種子) に分けて実験を行った。

#### 3. 細胞壁調製

2 によってサンプルングしたトマト果実から、Hyodo H et al. 2013 の方法を用いて細胞壁を調製し、重量を測定した。

#### 4. クチクラ層の観察

各栽培条件で育てた Red ripe のトマトのパラフィン切片を作成し、クチクラ染色用の染色液であるスダン 4 で染色を行った。その後、クチクラ層の形態および厚さを観察した。

#### 5. トマトの力学的性質の測定

各栽培条件で育てた Red ripe のトマト果実について、天秤型食感測定装置を用いて、力学的性質を振動と摩擦係数によって評価した。

### 【結果および考察】

#### ●細胞壁調製

細胞壁調製にあたり、プロトコルの再検討を行った。その結果、生サンプルを液体窒素で凍結し乳ばち等で粉碎するのではなく、凍結乾燥を行ってから粉碎して調整を行うことにした。

生重量あたりの細胞壁量は、中内果皮では塩ストレス条件で細胞壁量が増加し、その他の組織では栽培条件による細胞壁量に大きな変化はなかった。

#### ●トマトの力学的性質

トマトの硬さを示す食感係数は、コントロール条件に比べて、塩ストレス条件下の果実の方が高く、組織別で見ると果皮組織で非常に顕著な差となった。また、硬さの性質を示す摩擦係数は、コントロール条件に比べて塩ストレス条件下のトマト果実では、約 50% 上昇していた。そのため、塩ストレス条件下のトマト果実は、コントロール条件と比較して、果実内部は軟らかな肉質をしているが果皮組織では硬度が顕著に上昇しており、結果的に果実全体の果実硬度が上昇していることが明らかになった。

#### ●クチクラ層の観察

塩ストレス条件下のトマト果実では、コントロール条件に比べて、外果皮のクチクラ層が厚くなっていた。そのため、塩ストレス条件下のトマト果実で硬度が上昇した原因のひとつが、クチクラ層の厚さの増加であることが示唆された。

本研究室では現在までに、塩ストレス条件下のトマト果実において、細胞壁構成糖の 1 つであるペクチンを脱メチル化する酵素と低分子化する酵素の 2 つの活性が上昇し、ペクチンが分解方向に進んでいることを明らかにしてきた。また、本研究では、塩ストレス条件下のトマト果実は、果皮の硬度が上昇するが、それは皮部分の強度に依存していたこと、生重量あたりの細胞壁量は変化がなかったこと、皮のクチクラ層が厚くなっていたことについて明らかにした。

これらの結果を考察すると、塩ストレス条件下のトマト果実では、外果皮より内側の組織の細胞壁は分解方向に進み、軟化が進む。一方で、クチクラ層は厚くなることで硬度が上昇し、これがフレームとなって果実の形を保持しているといった変化が起きていると考えられる。

以上より、塩ストレス条件下のトマト果実は硬度が上昇と言われているが、実際には組織ごとに軟化の程度は異なり、外部である皮の硬度が上昇するが、内部では逆に軟化は促進されていることが明らかになった。