電気による細胞構造推定: カット青果物の真の保蔵限界予測モデル構築への応用

(国)農研機構食品研究部門食品加工流通研究領域・研究員 渡邊 高志

■ 目的

細胞膜の損傷はカット青果物の品質劣化を加速するとされているため、迅速に細胞膜損傷を計測し、リアルタイムに品質予測モデルを拡張していき、真の保蔵限界を予測するモデルの構築が必要である。申請者は生体電気化学的手法を応用した細胞損傷評価に着目しており、周波数掃引した値と細胞を模した電気回路モデルを基に、迅速な細胞膜損傷検出技術を研究してきた。本研究課題においては、電気により迅速に得た細胞膜状態を加味し、リアルタイムにフィッティング性を拡張可能な真の保蔵限界予測モデル開発に関する研究を行い、カット青果物の品質・安全性保障および流通拡大に貢献したい。

■ 方法

近年、房から単粒化された状態で流通しているシャインマスカット粒をモデルサンプルとして用いた。物理損傷による品質劣化の加速を明らかにするには、定量的な損傷を試料に与える必要がある。本研究課題では、力学試験機を応用し、試料を一定値までひずませることで、試料を定量的に複数段階に損傷させることとした。複数段階に損傷させた個々の試料をプラスチックパックに入れ、保蔵試験を行った。Bio-electrical impedance spectroscopy を応用し、試料の物理損傷程度の定量化を試みた。得られた値から Cole-Cole plot を作成した。この Cole-Cole plot に出現する円弧のサイズを、物理損傷程度のパラメータとして用いるため、原点から円弧頂点までの距離 (Length between a coordinate at the top of the circular arc of the Cole-Cole plot and the origin: LTO)を算出した。本研究課題においては、色彩のパラメータである L^* 値および ΔE 値変化を測定し、代表的な品質劣化の指標とした。 L^* 値および ΔE 値の劣化速度係数 L^* は、保蔵中におけるそれぞれのパラメータの変化について、一次式で回帰することにより算出した。

■ 結果および考察

LTO は損傷用に行った圧縮ひずみが大きくなると低下した。過去の文献において、LTO は細胞外液の電気抵抗値と比例することを証明している。圧縮による細胞損傷により、細胞内液、すなわち高濃度の電解質溶液が、細胞外部に流出し、受動的に細胞外液抵抗値を減少させていることが推察され、物理損傷による細胞ダメージは、電気化学的手法により簡易に定量することが可能であることを証明した。また、LTO と色彩劣化速度定数の間には強い相関関係が得られ(r=0.99, -0.98, p=0.00017, 0.00019)、生体電気化学を応用することにより、細胞損傷をパラメータとした、品質劣化速度予測が可能であることを示した。

■ 結語

生体電気化学的手法を応用することで、シャインマスカット粒における物理損傷程度を高精度に定量することが可能であった。また、物理損傷を定量化できる電気的指標をパラメータとすることで、損傷後における色彩劣化速度を算出することが可能であった。この知見により、電気化学的手法を用いた、損傷を加味したカット青果物の真の保蔵限界についての算出が可能であることが示唆された。本成果は、論文としてまとめ、国際誌に投稿中である。(Takashi WATANABE, Calculation model for color-change kinetics of slightly injured "Shine Muscat" fruit via an electric indicator, LTO. Food and Bioprocess Technology, Under review.) 今後の展開としては、青果物の種類を変えた検討や、低侵襲・非破壊電気測定法による検討を通し、カット青果物の品質劣化リアルタイムモニタリングの実現に向けて邁進する。