博士（農　学）　スパルラン

学位論文題名

Development of Techniques for Preserving Quality of Tomatoes

（トマトの品質保持技術の開発）

学位論文内容の要旨

1. 背景・目的

青果物は収穫後も呼吸を続け，室温条件下では比較的短期間に品質低下が生じる。トマトは収穫後に追熟が急速に生じ，色調・硬度等の変化によって品質が短期間に低下する代表的な青果物である。従来，青果物の品質保持期間を延長させる方法として低温条件および低温条件と低酸素・高二酸化炭素条件を組み合わせた方法等が採用されている。しかし，トマトは低温条件下で内部褐変・腐敗の発生等の障害(低温障害)を受けるため，10℃以下の温度条件を採用することは回避すべきとされてきた。しかし，比較的温度の高い条件を採用すると，追熟が過度に進行し，商品価値が短期間に低下する可能性がある。

本研究ではトマトの低温障害の低減を目的として温湯処理を試みた。さらに温湯処理後の品質保持方法としてプラスチックフィルムを用いたMAP(Modified Atmosphere Packing:修飾空気包装)法を組み合わせて低温条件下におけるトマトの品質保技術の開発を試みた。

尚，本実験に用いた試料は千歳市の温室で栽培された「桃太郎ファイト」を用い，熟度は生産地で収穫している程度，即ち，花頂部がピンク色に着色した試料を用いた。

2. 温湯処理に関する基礎実験

35～50℃の温度条件下で温湯処理を行ったときの試料各部の温度変化を求めた。試料中心部の温度が温湯の温度に達するに要する時間は試料の形状の大小によって変化し，形状が大きい試料の場合は45分間以上を要し，温湯の温度が高い場合は試料表皮に亀裂が生じる可能性があることを知った。

温湯処理条件とその後の貯蔵中の試料呼吸量及びエチレン発生量との関係を明らかにした。温湯温度を40.0℃及び42.5℃とし，処理時間を45分間及び60分間としてこれらを組み合わせた条件で温湯処理を行った。温湯処理後に試料を直ちに水道水で冷却し，10℃及び15℃の温度条件下で貯蔵し，呼吸量とエチレン発生量を測定した。両者は貯蔵温度に影響を受け，15℃の貯蔵条件下で大きな値を示した。全ての実験区で温湯処理を行った直後(1日間以内)の試料の呼吸量は温湯処理を行わなかった試料に比較して増加したが，2～3日後には減少した。15℃の温度条件で貯蔵した試料の呼吸量は温湯処理を行うことによって減少した。一方，10℃の温度条件で貯蔵した場合は，温湯処理を行った試料の呼吸量が無処理の試料に比較して大きい値を

示した。エチレン発生量は温湯処理を行うことによって僅かに増加した。

3. 温湯処理がトマトの品質および低温障害に及ぼす影響

温湯温度を 40～55℃，処理時間を 15～60 分間とし，これらを組み合わせて温湯処理条件を設定した。貯蔵温度は強い低温障害が生じるとされている 3℃及び 7℃とした。実験の結果から，温湯処理を行うことによって低温障害を軽減することが可能であることを確認した。一方，高温条件で処理を行うと試料の質量減少量が増加することを知った。実験結果を総合的に考察すると，温湯処理条件は温度 42.5℃で，処理時間が 30～40 分間及び 45℃，25～35 分間の条件がトマトの品質保持の観点から適切な条件であると結論づけた。

4. 温湯処理及び MAP 法がトマトの品質に及ぼす影響

実験結果を参考にして，温湯処理条件として温度 42.5℃，処理時間 30 分間を採用した。MAP 条件として厚さ 0.02mm の低密度ポリエチレンフィルム袋を用い，フィルム面積を適宜変化させ，貯蔵温度を 5, 10, 15℃とし，これら条件を組み合わせて貯蔵実験を行った。尚，貯蔵期間は一律 14 日間とした。

包装内酸素濃度は試料の呼吸速度とフィルムの空気透過速度の動的バランスによって平衡値を示した。平衡値は試料比表面積（試料 1kg に対するフィルム表面積）に影響を受けた。試料比表面積が 0.035～0.042$m^2 \cdot kg^{-1}$ の範囲にある場合の酸素濃度は品質保持条件として適しているとされている 5～7%の範囲を示した。しかし，試料比表面積が 0.023$m^2 \cdot kg^{-1}$ 以下の場合は低酸素障害が生じる限界である 3%を下回った。

全ての貯蔵温度条件下で MAP 実験区は無包装実験区に比較して、色調及び質量の変化が少なく，試料に含まれるカビ数と貯蔵中の腐敗個数が大きく減少した。硬度に関しては有意差を認められなかった。

貯蔵温度と品質との関係を考察すると，5℃及び 10℃の温度条件下では 15℃の条件に比較して色調の変化が少なく，硬度の減少も少なかった。両温度条件下での品質変化を比較すると，色調・硬度との間に有意差が認められなかったが，10℃の条件では糖度と酸度の増加が 5℃に比較して大きく，貯蔵中に適切な追熟が行われていると判断した。以上の結果から，MAP 法を採用してトマトを貯蔵する場合の温度は 10℃が適していることを明らかにした。

実験の結果，温湯処理と 10℃の温度条件下で MAP 法を組み合わせることによってトマトの品質保持期間を延長することが可能であることを明らかにした。

5. MAP 法における包装内酸素及び二酸化炭素濃度の予測モデルの構築

10℃の温度条件下で MAP 法を採用したときの包装内の酸素濃度と二酸化炭素濃度の予測モデルを検討し，その有効性を検証した。予測モデルは酵素反応速度論に基づく呼吸モデルを用いた。パラメータとして，フィルム表面積，フィルムの酸素・二酸化炭素透過速度，包装内初期空気量，試料質量，試料呼吸速度を用いた。作成した予測モデルの有効性を検証するために，厚さの異なる二種類のポリエチレンフィルムを用い，フィルムの比表面積を変えた実験を行ない包装内の酸素・二酸化炭素濃度の変化を測定した。その結果，予測値とほぼ一致した結果を得た。

本研究の結果，低温障害を受けるトマトに温湯処理を施し，MAP 法を採用することによって 10℃

の低温条件下で14日間に亘ってトマトの品質を保持することが可能であることを明らかにした。この成果はトマトの流通技術の向上に資するものと考えられる。

学位論文審査の要旨

主　査　　教　授　　伊　藤　和　彦

副　査　　教　授　　松　田　従　三

副　査　　教　授　　大　澤　勝　次

副　査　　助教授　　川　村　周　三

学 位 論 文 題 名

Development of Techniques for Preserving Quality of Tomatoes

（トマトの品質保持技術の開発）

本論文は図 44，表 11 を含み，9 章からなる総頁 188 の英文論文であり，別に参考論文 3 編が添えられている。

トマトは追熟が急速に進み，表面の色調の劣化および硬度の低下によって商品価値が短時間に失われる代表的な青果物である。従来，青果物の品質保持期間を延長させる方法として低温条件が採用されている。しかし，トマトは低温条件下で内部褐変および異臭の発生，水侵状軟化等の障害（低温障害）を受けるため 10℃以下の温度条件を採用することは回避すべきであるとされてきた。

本研究ではまず，低温障害を低減させる目的で行った温湯処理について検討し，温湯処理後の試料の品質保持方法としてプラスチックフィルムを用いた MAP（Modified Atmosphere Packaging：修飾空気包装）法を取り上げ，低温条件下におけるトマトの品質保持技術の開発を試みた。MAP 法は試料の呼吸作用によって包装内を低酸素・高二酸化炭素状態とし，フィルムの気体透過速度と呼吸速度が動的に平衡状態に達することによって一定の低酸素・高二酸化炭素状態を保持し，試料の品質保持期間を延長させる方法である。本研究の結果は下記に要約される。

1. 温湯処理に関する基礎実験

35～50℃の温度条件下で温湯処理を行い試料各部の温度変化を求めた。試料中心温度が温湯の温度に達するまでに要する時間は試料の形状に影響を受け，形状の大きい試料は 45 分間程度を要した。温湯温度が 50℃の場合は試料表皮に亀裂が生じる可能性があることを確認した。温湯処理後は直ちに水道水で冷却し，その後，10℃および 15℃の温度条件下で 14 日間貯蔵を行い，試料の呼吸量およびエチレン発生量を測定した。温湯処理直後の試料の呼吸量は増加したが，2～3 日後には減少した。温湯処理を行って 15℃で貯蔵した試料の呼吸量は温湯処理を行わなかった試料に比較して低い値を示した。エチレン発生量は温湯処理を行うことによって僅かに増加した。

2. 温湯処理がトマトの品質および低温障害に及ぼす影響

温湯温度を 40～55℃,処理時間を 15～60 分間とし，これらを組み合わせて温湯処理条件を設定した。貯蔵温度は強い低温障害が生じる 3℃および 7℃とした。実験の結果から温湯処理を行うことによって低温障害を回避することが可能であることを確認した。一方,高温条件で処理を行うと,貯蔵中に試料の質量減少率が増加することを認めた。総合的に考察すると，温湯処理条件は温度 42.5℃，処理時間 30～40 分間および温度 45℃，処理時間 25～35 分間が品質保持の観点から適切な条件であることを明らかにした。

3. 温湯処理および MAP 法がトマトの品質に及ぼす影響

温湯処理条件として，温度 42.5℃，処理時間 30 分間を採用し，温湯処理後に厚さ 0.02mm の低密度ポリエチレンフィルムを用いた MAP 法によって 14 日間の貯蔵実験を行った。貯蔵温度は 5～15℃とし,フィルム比表面積(試料の単位質量に対するフィルム面積)と包装内の平衡酸素濃度との関係を求めた。フィルム比表面積が 0.03～0.04 $m^2 \cdot kg^{-1}$ の範囲にある場合の平衡酸素濃度はトマトの品質保持条件として適しているとされている 5～7%の範囲を示した。しかし，フィルム比表面積が 0.02 $m^2 \cdot kg^{-1}$ 以下の場合は低酸素障害が生じる限界である 3%を下回った。温湯処理と MAP を行った実験区と温湯処理を行わずに MAP を行った実験区および温湯処理と MAP を行わなかった実験区とを比較すると前者は試料の色調の変化および質量の減少が少なく,貯蔵中の腐敗発生が大きく減少することを明らかにした。

温湯処理と MAP を行った実験区で貯蔵温度と品質との関係を考察すると,10℃実験区の試料の品質が 14 日間に亘って良好な状態で保持されることを明らかにした。

4. MAP 法におけるフィルム包装内空気組成の予測モデルの作成

10℃の温度条件下で MAP 法を用いて貯蔵を行ったときのフィルム包装内空気組成の予測モデルを酵素反応速度論に基づいて作成した。パラメータとして試料質量，試料呼吸速度，フィルム比表面積，フィルムの酸素・二酸化炭素透過速度，初期包装内空気量等を採用した。作成した予測モデルの有効性を検証した結果，予測値と実測値とはほぼ一致することを確認した。

以上の研究成果は温湯処理と修飾空気包装法を組み合わせたトマトの品質保持技術の開発に関する基礎的資料を提示したものであり,学術的に高く評価できるとともにトマトの流通技術の向上に資するものである。

よって，審査員一同は，SUPARLAN が博士(農学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認めた。