

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 7 日現在

機関番号：15501

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26292019

研究課題名(和文) 青果物の長距離輸送におけるストレス処理を利用した品質保持技術の検討並びに評価

研究課題名(英文) Quality maintenance technology and its evaluation using stress treatments during long-distance transportation in horticultural produce

研究代表者

山内 直樹 (YAMAUCHI, Naoki)

山口大学・その他部局等・名誉教授

研究者番号：60166577

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は青果物のストレス処理による品質保持効果を追究するとともに、処理青果物の分子マーカーによる品質評価を検討した。ストレス処理については、高温によるブルーベリーのアントシアニン生成と品質、UV-Bによるブロッコリーの過酸化水素生成・消去に関わる酵素遺伝子発現、エタノールによるトマトの追熟抑制とエチレン生成関連遺伝子の影響、並びに過酸化水素によるピーマンの抗酸化機構の活性化と品質保持への関わりを調べた。また、高温処理ブロッコリーの品質変化と鮮度マーカー遺伝子の発現変化から、分子マーカーによる品質評価の可能性が示唆された。さらに、タイライムのストレス処理による品質保持について共同研究を行った。

研究成果の概要(英文)：Quality maintenance of horticultural produce after stress treatments and its evaluation using molecular markers were determined. We investigated anthocyanin biosynthesis and keeping quality of blueberry fruit after heat treatment, gene expression of enzymes related to the production and elimination of hydrogen peroxide in broccoli florets, control of tomato fruit ripening and effect on ethylene production-relating genes by ethanol treatment, and activation of the antioxidative system by hydrogen peroxide treatment and its relation to quality maintenance in sweet pepper fruit. The possibility of quality evaluation using molecular markers was suggested by clarifying the relevance between quality changes of heat-treated broccoli florets and expression changes of freshness marker genes. Cooperative research on keeping quality of Thai lime fruit by stress treatments was also conducted with Thai research collaborators.

研究分野：園芸科学

キーワード：ストレス処理 青果物 品質保持 長距離輸送

## 1. 研究開始当初の背景

青果物は収穫後急速に品質低下が生じる。そのため、消費者の手に渡るまでの青果物を高品質で保持するには、一般的には収穫後直ちに低温下で流通・貯蔵することが求められる。このような状況の中で収穫から食卓までの一貫したコールドチェーンシステムの整備が行われてきている。しかしながら、収穫後青果物を一貫して低温下で流通・貯蔵することはなかなか困難であり、流通・貯蔵過程における品温の上昇は呼吸増大による内容成分の消耗を導き品質低下を招く。

収穫後青果物に高温処理および紫外線処理などを行うことで、その後の流通・貯蔵中の品質保持が可能となることが報告されている (Lulie, 1998; Fallik, 2004; Civello, P.M.ら, 2014)。私たちの研究グループは平成22~24年度に基盤研究B (園芸作物の品質に及ぼすストレス処理の影響と新たな貯蔵技術の確立) に採択され、これまでブロッコリー、トマト、ピーマン、ブドウ、切り花などを用い、ストレス処理として高温処理、UV-B処理、エタノールパッド処理、過酸化水素処理を行い、その品質保持効果を検討した。今回の研究は前回の研究成果を踏まえ、引き続き収穫後のストレス処理による品質保持効果のさらなる解明を試みるとともに、品質変化を分子マーカーにより評価する方法の可能性についても検討した。

このように収穫後青果物に利用可能なストレス処理技術を検討することは、常温または弱低温下での流通・貯蔵を可能にするとともに、コールドチェーンシステムの完備された状況下であっても品質保持技術として有用である。

## 2. 研究の目的

本研究は、青果物の輸出入を念頭に置き、ストレス処理の流通・貯蔵過程での品質保持効果を調べるとともに、その品質変化を外観、化学成分に加え分子マーカーにより捉え、品質を的確に評価することを目指した。研究内容としては、(1) タイの研究者とともに、タイ国内で流通しているタイライムを実験材料とし、ストレス処理による品質保持効果とその機構を調べ、(2) 各種ストレス処理における品質保持機構のさらなる検討を行い、(3) 流通・貯蔵中での品質変化を的確に捉える分子マーカーの選択と貯蔵中の変化を調べ、分子マーカーの利用のための基礎的知見を得ることを目的とした。

## 3. 研究の方法

(1) 高温・低温処理：収穫後青果物 (ブロッコリー、ナス、タイライム) に 40~50 の短時間高温処理 (温湯、温風) または低温シ

ョック (氷水浸漬) 処理を行い、貯蔵に伴う内容成分および酵素活性の変化を調べた。タイライムに関しては、高温とエタノールパッドの併用処理による品質変化も調査した。また、ブルーベリーに関してはアントシアニン生成と品質保持について調べた。

(2) エタノール処理：トマト形質転換体を用い、エタノールによるエチレン生成と追熟機構について分子レベルによる検討を行った。また、エタノールパッドを用いた蒸気処理によるバナナおよびアボカドの品質保持とエチレン生成を調べた。

(3) UV-B 処理：ブロッコリーに UV-B 短時間処理を行い、貯蔵に伴う活性酸素生成・消去とアスコルビン酸-グルタチオン (AsA-GSH) サイクルに関わる酵素遺伝子発現を調査した。また、分子シャペロン機能と膜安定性に関与する低分子型熱ショックタンパク質 (sHSP) 遺伝子の発現変化を検討した。

(4) 過酸化水素処理：ピーマン、ナスを用い過酸化水素処理による AsA-GSH サイクルに関わる酵素活性変化について調査した。

(5) 分子マーカーによる品質評価：高温処理 (温風 50 , 2 時間) したブロッコリーを用い、分子量の異なる HSP の発現に関わる各種遺伝子を調べ、品質変化との関わりを調べた。また、これまで明らかにした鮮度評価マーカーを用い、高温処理によるブロッコリーの品質変化を検討した。

## 4. 研究成果

### (1) 高温処理

タイ国内で利用されているタイライムは、収穫後の流通過程の中で果皮の脱緑が生じ品質低下要因となっている。タイライムの新品種である 'Pichit 1' を用い、品質保持が可能な温湯処理条件を調べた。処理条件として温度 45, 48, 50 および 3, 5, 10 分間で行い、その後 25 で貯蔵した。タイライム果皮の緑色は 48 , 5 分処理で効果的に保持された。新鮮な果実の果皮におけるクロロフィル (Chl) 誘導体を調べたところ、クロロフィリッド (Chlide) *a*、フェオホルピド *a*、ピロフェオホルピド *a*、13<sup>2</sup>-ヒドロキシクロロフィル (OHChl) *a*、フェオフィチン (Phein) *a* および Chlide *a* の誘導体と思われる未知のクロロフィル誘導体が検出された。貯蔵に伴う Chl 誘導体の変化をみたところ、両区とも減少が認められたが、コントロールに比べ処理果実でこれら誘導体含量は高く保持されていた。有機酸およびアスコルビン酸含量は処理果実で高く保持され、糖含量の減少も処理区では抑制された。このように、温湯処理はタイライムの Chl 分解と品質低下を抑制することがわかった。

タイライム (品種 'Paan') を用い、エタノール処理 [0.3g および 0.6g エタノール蒸散剤

(アンチモールド・マイルド<sup>®</sup>, フロイント産業(株))], 並びに温湯(50℃ 5分)処理した後エタノール処理をする併用処理を行い, その後10日貯蔵し, Chl分解酵素活性とエチレン生成の変化を調べた. 0.6g エタノール蒸気処理並びに併用処理によりタイライムのChl分解抑制と貯蔵初期でのエチレン生成が抑制された. 併用処理では呼吸の抑制も認められた. 併用処理のChl分解抑制はChl分解酵素, クロロフィラーゼ, Chl分解ペルオキシダーゼ, Mg-デキレターゼおよびフェオフィチナーゼの活性抑制に因っていた. このように, エタノール蒸気と温湯併用処理はタイライムの貯蔵中の呼吸と果皮の黄化抑制がみられ, 効果的な品質保持技術であると思われる.

ブルーベリーは夏季の高温時に収穫するため, 果実品質の劣化が早い. また, 低温でのフィルム包装貯蔵は, 外観品質(ブルームおよび果梗部のしわ)の低下が起るため, 長期貯蔵に向けた収穫後の取り扱いに注意しなければならない. そこで, 収穫後に45~60℃の高温を30分および1時間処理することによる長期貯蔵の検討を行った. ブルーベリーに45℃または50℃で1時間の高温処理を行った後, プラスティック容器を用いて貯蔵したところ, 糖および酸含量は対照区および高温処理区による有意な差は見られず, 貯蔵期間中に減少した. しかし, 外観品質では高温処理によりブルームおよび萎びが2週間の貯蔵期間中良好に保持されていたが, 対照区は貯蔵10日以降に果梗部に萎びや皺が観察され, ブルームも消失している果実が観察された. このことから, 高温処理は2週間の貯蔵期間中果実内成分(糖および酸含量)に影響を及ぼさず, 外観(皺, 萎び, ブルーム)を維持できる処理方法の一つであると考えられる. また, 果皮色を基に成熟段階の異なる果実(緑色, 白色, 桃色, 黒色の4段階)に高温処理を行った. その結果, 50℃で1時間の処理によりすべての成熟段階の果実でアントシアニン含量が増加した. 特に桃色果実においては, 高温処理により3倍近く高いアントシアニン含量を示した. 黒色の果実においても, 高温処理により1.3倍のアントシアニン含量を示した.

以上の結果からブルーベリーへの高温処理は, 外観(皺, 萎び, ブルーム)において2週間程度の貯蔵には有効であるが, 処理工程などを考慮すると実用的な処理方法とはいえない. しかし, 収穫時期を過ぎた小さな果実や着色不良の果実に高温処理をすることにより, アントシアニン含量を増加させ, 斉一な果皮色を持った果実として加工品への利用を見込めるものと思われる.

## (2) 低温ショック処理

収穫後の黄化(脱緑)が品質低下要因となるコマツナ, 緑色香酸カンキツの長門ユズキチおよびブロッコリーを用い, 収穫後の低温ショック処理による品質保持効果を検討した. コマツナ(氷:水=1:4)ではどの処理区においても黄化抑制効果がみられなかった. また, 長門ユズキチ(氷:水=3:2)において, 0.5時間処理で脱緑抑制効果はみられなかったが, 1時間処理では明らかな脱緑抑制効果がみられた. さらに, ブロッコリー(氷:水=1:1)に関しては2時間および3時間, 特に3時間処理で黄化が促進したが, 1時間処理では顕著な黄化抑制効果が認められた. Chl含量も同様に3時間処理では減少がみられたが, 1時間処理では貯蔵中の保持が明らかだった. 総過酸化物質含量は, 両処理後において急増が認められ, 1時間処理では処理後低い値を示した. 一方, 3時間処理では増加した後の低下がみられなかった. このように, 適切な低温ショック処理時間を設定することにより長門ユズキチおよびブロッコリーでは貯蔵中の黄化抑制効果が期待できることがわかった. この要因として, ブロッコリーでみられたように, 処理後の総過酸化物質含量の急増に伴い活性酸素(主として過酸化水素)の消去システムが活性化されることによっているものと推察された.

## (3) UV-B 処理

ブロッコリーをUV-B(照射量19 kJm<sup>-2</sup>)処理した後15日貯蔵すると, 対照区では貯蔵3日ごろから花蕾の黄化がみられたが, 処理区では黄化が顕著に抑制された. 過酸化水素制御に関わる酵素遺伝子として, *BoRboh*, *BoCu/ZnSOD*(SOD:スーパーオキシドジスムターゼ), *BoCAT*(CAT:カタラーゼ)および*BoAPX*(APX:アスコルビン酸ペルオキシダーゼ)を調べた. NADPH oxidaseをコードする*BoRboh*(DおよびF)の発現は処理直後の増大はみられなかったが, 処理区では貯蔵に伴い増加傾向がみられた. *BoCu/ZnSOD* および *BoAPX1* は処理により発現増大がみられた. 一方, AsA-GSH サイクルに関連する酵素遺伝子 [*BoMDAR*(MDAR:モノデヒドロアスコルビン酸還元酵素), *BoDHAR*(DHAR:デヒドロアスコルビン酸還元酵素), *BoGR*(GR:グルタチオン還元酵素)]発現は, 処理区において貯蔵中の維持もしくはわずかな増大傾向が認められた.

生体膜変化の指標としてK<sup>+</sup>リーケージの変化をみたところ, 処理区では貯蔵中増大が抑制されたが, 対照区は貯蔵2日から増大傾向がみられ, 貯蔵6日に急増した. sHSPであるHSP17の遺伝子発現は対照区に比べ処理により増大がみられ, その後貯蔵4日まで急増した. HSP22は処理による増大はみられ

なかったが、貯蔵4日から急増した。さらに、HSP17含量は処理後増大がみられ、貯蔵中においても対照区に比べ処理区では高含量を示した。

以上の結果から、UV-B処理により急増する過酸化水素は*BoCu/ZnSOD*と*BoAPX1*の発現がその調節に関与していること、また、貯蔵中の生体膜の維持には*sHSP*の関与が示唆された。処理による*AsA*や*GSH*などの還元物質の維持を報告しているが、この維持には貯蔵後期の*AsA-GSH*サイクルに関わる酵素活性やそれらの遺伝子発現の維持・増大傾向も関与しているものと思われる。さらに、処理による還元物質合成系に関連する酵素の影響も考えられるが、この点については今後の検討課題である。

#### (4) エタノール処理

トマトを用いて、エタノールによる追熟抑制機構の分子レベルでの解明を試みた。緑熟とブレイカートマトを、8gのエタノール蒸散剤[アンチモールド・マイルド®、フロイント産業(株)]を用い、20℃で連続的にエタノール蒸気処理を行った。エタノール処理によって、追熟は抑制されたがエチレン生成は促進し、システム2のエチレンと関連するエチレン合成酵素をコードする遺伝子発現が増加した。さらに、エチレンの上流に作用する成熟特異的な転写因子の遺伝子発現が、エタノール処理により増加した。しかし、*RIN*依存エチレン依存追熟関連遺伝子と*RIN*依存エチレン非依存追熟関連遺伝子の発現は、エタノール処理によって阻害された。これらの結果は、エタノールによるこれらの遺伝子発現の阻害が、エタノールがエチレン生成とそのプロセスの上流の因子を刺激するにもかかわらず、エタノールが追熟を阻害する原因であることが示唆された。さらに、果実内でのエタノールとアセトアルデヒドの生成と変換の抑制を目的としたアルコール脱水素酵素とピルビン酸脱炭酸酵素をコードする遺伝子の発現を抑制したトマト、“Micro-Tom”形質転換体を作成することができ、ホモ系統の選抜に成功した。このことにより、エタノールの果実追熟抑制に作用する物質本体の同定への端緒を切り開くことができた。

熱帯・亜熱帯原産果実であるバナナおよびアボカドの品質保持とエチレン生成に及ぼすエタノールの影響を調べた。エタノール蒸気処理は、8gのエタノール蒸散剤[アンチモールド・マイルド®、フロイント産業(株)]を用いて、20℃で連続的に行った。外観を基準とすると、バナナでは追熟促進、一方、アボカドでは顕著な効果はみとめられないなど、エタノールの影響は追熟に関しては一様ではなかった。しかしながら、エチレン生成につ

いてはいずれも促進されることが明らかとなった。

これらの結果から、エタノールは果実追熟において本質的には阻害ではなく、促進に作用することが示唆された。

#### (5) 過酸化水素処理

ピーマン果実切片レベルおよび個体レベルで過酸化水素処理することで、適切な過酸化水素濃度において*AsA-GSH*サイクルが活性化され、*AsA*含量が増加することを見出している。そこで、詳細に*AsA-GSH*サイクル活性化の様相を明らかにするために、ピーマン緑熟果切片を用いて、過酸化水素処理による*APX*の誘導と*AsA*代謝との関連について検討した。過酸化水素濃度が1.5%までは濃度によって*AsA*が増加した。しかし、それ以上の濃度では*AsA*の生成は低下した。全*APX*およびサイトゾル*APX*の活性も同様の傾向を示した。これらは過酸化水素が生理上重要な役割を持ち、*APX*が抗酸化の作用だけでなく、*AsA*代謝活性化との関連性があることが示された。

次に、比較的*AsA*含量が少ないナス果実を用いて、過酸化水素処理がナス果実の*AsA*含量および*AsA-GSH*サイクルに及ぼす影響を調査した。ナス果実組織切片に0~5%の過酸化水素を減圧浸漬処理し、影響を調べた。過酸化水素含量は0.01~0.5%の濃度で0%と同程度の含量を示した。一方、1%以上の濃度で過酸化水素は増加した。*AsA*含量は0.025~0.2%の濃度で0%よりも増加し、約1.5倍となった。一方、0.2%以上の濃度では減少した。*APX*、*CAT*、*DHAR*および*MDAR*の活性は、0.01~0.2%の濃度で増加した。一方、0.2%以上では処理濃度に伴って減少した。*GR*活性は処理濃度にしたがって増加した。

以上のことから、比較的*AsA*含量が少ないナス果実においても、適正な過酸化水素濃度で*AsA-GSH*サイクルが活性化されて、*AsA*含量が増加することを見出した。

#### (6) 分子マーカーによる品質評価

ブロッコリーを高温処理(温風50℃,2時間)すると、その後に15℃で貯蔵した場合、花蕾の黄化が無処理のものに比べて有意に遅延する。その機構を明らかにするため、高温処理したブロッコリーから、ディジェネレートプライマー等を用い、各クラスの*HSP*遺伝子をクローニングした。その結果、*HSP17*、*HSP60*、*HSP100*は各2種類、*HSP22*、*HSP70*、*HSP90*は各1種類のクローンが得られた。これらの塩基配列をもとに、定量的PCRに用いるプライマーを設計し、高温処理に伴う遺伝子発現の変化を調べた。ブロッコリーを50℃でインキュベートすると、5分後から*HSP*の

発現上昇がみられた。この時のブロッコリーの表面温度は 30 を超える程度であった。ブロッコリーに対して異なる高温処理時間(0.5~2 時間)を設定して、その後の 15 貯蔵に伴う表面色の変化と、HSP 遺伝子および、我々が独自にクローニングした鮮度低下に伴って特異的に発現が増加あるいは減少する遺伝子(鮮度マーカー遺伝子)の発現変動を調べた。その結果、無処理および 0.5 時間処理では、HSP の発現が持続せず、鮮度マーカー遺伝子の発現が顕著に増加して貯蔵 6 日で黄化がみられた。一方、高温 1 時間あるいは 2 時間処理では、15 貯蔵中に、HSP の高発現が持続する一方で、鮮度マーカーのクローン BO\_F306 よび BO\_F362 等の発現が強く抑制され、黄化も抑制された。

さらに、HSP、鮮度マーカーおよび、Chen ら(2008)が示すブロッコリーの既知老化関連遺伝子の高温処理あるいは貯蔵に伴う発現量の変化を比較したところ、鮮度マーカーとしてクローニングした中の 6 遺伝子は、貯蔵に伴って 1,000~100,000 倍に増えるなど、既知の老化関連遺伝子よりも大きく発現が増加するとともに、高温処理によって、それらの発現が 1/10~1/1000 程度に強く抑制されることが明らかになった。

これらのことから、ブロッコリーの高温処理によって、HSP 遺伝子の発現が誘導されるとともに、鮮度マーカー遺伝子に代表されるような、鮮度の低下に伴って特異的に現れる遺伝子が関わる生理現象が、強く抑制されていることが明らかになった。

##### 5. まとめと今後の展望

収穫後青果物は流通・貯蔵中での取り扱いに依存して、品質の善し悪しが決定される。ここで研究を行った“ストレス”処理を、収穫後、青果物に応じて適切に用いることにより、その後の流通・貯蔵中の品質保持に貢献できるものと思われる。処理方法や効果メカニズムについては、さらに検討の余地はあるものの、実際の流通の場での利用を考えると今後の課題であろう。高温処理は古くから病害虫防除方法として確立されており、現在もその処理により我が国への青果物の輸入が許可されている。病害虫防除の面だけでなく、品質管理の面からもその貢献が評価されるよう期待するものである。

また、品質評価の新たな取組として、ここでは分子マーカー適用の可能性について検討した。今回は高温処理についてのみ検討を行い、HSP や鮮度マーカー遺伝子の動向が、高温処理とその後の貯蔵中における青果物の品質変化を正確に捉えることができるものと思われた。今後はストレス処理全般に渡って検討し、外観と化学変化に加え、分子マーカーの品質評価における可能性を探っていくことが望まれる。

##### <引用文献>

- Lulie, S., Postharvest heat treatments, *Postharvest Biology and Technology*, 14, 1998, 257-269
- Fallik, E., Prestorage hot water treatments (immersion, rinsing and brushing), *Postharvest Biology and Technology*, 32, 2004, 125-134
- Civelo, P.M., Villarreal, N., Lobato, M.E.G., Martínez, G.A., Physiological effects of postharvest UV treatments: recent progress, *Stewart Postharvest Review*, 3, 2014, 8
- Chen, Y., Chen, L.O., Shaw, J., Senescence-associated genes in harvested broccoli florets, *Plant Science*, 175, 2008, 137-144.

##### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 2 件)

Endo, H., Imahori, Y., Changes in hydrogen peroxide and superoxide anion contents and superoxide dismutase activity during the maturation of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) fruit, *Acta Horticulturae*, 査読有, 1120, 2016, 399-404

DOI: 10.17660/ActaHortic.2016.1120.61

永田雅靖, 平賀智子, 竹田尚子, 遺伝子発現に基づくホウレンソウの鮮度評価法の開発, *日本食品保蔵科学会誌*, 査読有, 42 巻, 2016, 247-253

<http://nodaiweb.university.jp/jafps/>

〔学会発表〕(計 13 件)

永田雅靖, 山内直樹, ブロッコリーの高温処理による老化関連遺伝子等の発現変化, 平成 29 年度園芸学会春季大会, 2017 年 3 月 19 日~20 日, 日本大学(神奈川県藤沢市)

イアムラオ スカンヤ, 野村昌弘, 執行正義, 山内直樹, Effect of postharvest UV-B treatment on gene expression of hydrogen peroxide-regulating enzymes in broccoli florets during storage, 平成 28 年度園芸学会秋季大会, 2016 年 9 月 10 日~12 日, 名城大学(愛知県名古屋市) Imahori, Y., Endo, H., The effects of hydrogen peroxide treatment on induction of ascorbate peroxidase and ascorbate metabolism in discs of sweet pepper fruit, The International Postharvest Symposium, 2016. 6. 21~6. 24, Cartagena, Spain

Suzuki, Y., Higashi, K., Effect of ethanol and acetaldehyde on gene expression of alcohol dehydrogenase and pyruvate decarboxylase in

harvested tomato fruit, The International Postharvest Symposium, 2016. 6. 21 ~ 6. 24, Cartagena, Spain  
遠藤春奈, 今堀義洋, 過酸化水素処理がナス果実組織切片のアスコルビン酸 グルタチオンサイクルに及ぼす影響, 平成 28 年度園芸学会春季大会, 2016 年 3 月 26 日 ~ 27 日, 東京農業大学 (神奈川県厚木市)  
永田雅靖, 山内直樹, ブロッコリーの高温処理時間とその後の貯蔵に伴う遺伝子発現の変化, 平成 28 年度園芸学会春季大会, 2016 年 3 月 26 日 ~ 27 日, 東京農業大学 (神奈川県厚木市)  
キヤススクサン サマ, 野村昌弘, タマラノパラット, 執行正義, 山内直樹, Control of chlorophyll degradation and quality changes by hot water treatment in postharvest 'Pichit1' lime, 平成 28 年度園芸学会春季大会, 2016 年 3 月 26 日 ~ 27 日, 東京農業大学 (神奈川県厚木市)  
Suzuki, Y., Nagata, Y., Effects of postharvest ethanol vapor treatment on tomato fruit ripening, Quality Maintenance of Organic Horticultural Produce 2015, 2015. 12. 7 ~ 12. 9, Ubon Ratchathani, Thailand  
永田雅靖, 山内直樹, ストレス処理したブロッコリーにおけるヒートショックプロテイン遺伝子の発現, 平成 27 年度園芸学会春季大会, 2015. 3. 28 ~ 3. 29, 千葉大学 (千葉県千葉市)  
Nagata, Y., Nomura, K., Suzuki, Y., Effects of postharvest ethanol vapor treatment on RIN expression of tomato fruit, The 3<sup>rd</sup> Asia Pacific Symposium on Postharvest Research, Education and Extension, 2014. 12. 8 ~ 12. 11, Victory Hotel, Ho Chi Minh City, Vietnam  
山内直樹, 園芸作物のクロロフィル分解と抗酸化機構, 平成 26 年度園芸学会秋季大会, 2014. 9. 27 ~ 9. 29, 佐賀大学 (佐賀県佐賀市) (シンポジウム招待講演)  
Endo, H., Imahori, Y., Changes in hydrogen peroxide and superoxide anion contents and superoxide dismutase activity during the maturation of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) fruit, 29<sup>th</sup> International Horticultural Congress, 2014. 8. 17 ~ 8. 22, Brisbane Convention & Exhibition Centre, Brisbane, Australia  
山内直樹, 松永香奈子, 辻川功, 執行正義, 貯蔵青果物のペルオキシダーゼによるクロロフィル分解と高温処理によるその制御, 平成 26 年度日本食品保蔵科学会第 63 回大会, 2014. 6. 28 ~ 6. 29, JA 長野県ビル (長野県長野市)

〔図書〕(計 1 件)

Yamauchi, N. (Y. Kanamaya and A. Kochetov, eds), Springer, Abiotic Stress Biology in Horticultural Plants, 2015, 101-113

〔その他〕

公開シンポジウム「収穫後ストレス処理による青果物の品質保持機構並びに評価システムの検討」, 平成 28 年 11 月 26 日, 大阪府立大学 (大阪府堺市) にて, 日本食品保蔵科学会の共催で学会シンポジウムとして開催。当日の状況は学会誌 (43 巻 1 号, 2017, 44-45) に掲載された。

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

山内 直樹 (YAMAUCHI, Naoki)  
山口大学・その他部局等・名誉教授  
研究者番号: 60166577

### (2) 研究分担者

石丸 恵 (ISHIMARU, Megumi)  
近畿大学・生物理工学部・准教授  
研究者番号: 90326281  
今堀 義洋 (IMAHORI, Yoshihiro)  
大阪府立大学・生命環境科学研究科・教授  
研究者番号: 40254437  
執行 正義 (SHIGYO, Masayoshi)  
山口大学・創成科学研究科・教授  
研究者番号: 40314827  
鈴木 康生 (SUZUKI, Yasuo)  
名城大学・農学部・准教授  
研究者番号: 30335426  
永田 雅靖 (NAGATA, Masayasu)  
国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・食品研究部門・ユニット長  
研究者番号: 60370574

### (3) 連携研究者: なし

### (4) 研究協力者

Samak KAEWSUKSAENG  
Faculty of Technology and Community Development, Thaksin University (Thailand), Assistant Professor  
Varit SRILAONG  
School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (Thailand), Associate Professor