

平成 22 年 6 月 3 日現在

研究種目：基盤研究（B）
 研究期間：2006～2009
 課題番号：18380017
 研究課題名（和文）光触媒を用いた閉鎖系貯蔵システムの開発とエチレンアレロパシーの抑制
 研究課題名（英文） Development of TiO₂ photocatalytic oxidizer under a closed system and the regulation of ethylene allelopathy

研究代表者
 西澤 隆（NISHIZAWA TAKASHI）
 山形大学・農学部・教授
 研究者番号：10208176

研究成果の概要（和文）：

光触媒を用いた青果物の貯蔵システムについて、基本的な構成をほぼ確立することができた。また、この間国内外の学会発表に於いて成果を随時公表し、実用的なレベルまでこぎつけた。特に低温での貯蔵が困難な熱帯性の果実については、光触媒を用いた貯蔵システムの利用に今後大きな期待が持たれる。一方、光触媒は貯蔵庫内のエチレンを除去できるが、青果物のエチレン生成能力を阻害できないため、今後はエチレン生合成阻害剤などと併用し、より効果の高い貯蔵システムの開発に取り組む必要がある。

研究成果の概要（英文）：

The basic mechanism and design of the storage system of fruit and vegetables using TiO₂ photo-catalytic oxidation could establish during the study period. Results of the study were presented at several scientific conferences including international symposiums. It is hoped that the system will be ready for practical use in the near future. In addition, the system will be useful especially for the storage of tropical fruits that were often less tolerant for low-temperature storage. The accumulated ethylene in the storage room was effectively decomposed by TiO₂ photo-catalytic oxidation but the ability of ethylene production of the fruits and vegetables was not inhibited. Therefore, the storability will be improved by a combination use of TiO₂ photo-catalytic oxidation and ethylene inhibitor.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	7,000,000	0	7,000,000
2007年度	2,800,000	840,000	3,640,000
2008年度	2,800,000	840,000	3,640,000
2009年度	2,800,000	840,000	3,640,000
総計	15,400,000	2,520,000	17,920,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農学・園芸学・造園学

キーワード：光触媒，エチレン，貯蔵，青果物

1. 研究開始当初の背景

生鮮野菜や果物の貯蔵性を維持すること

は、作物の流通にとって最も重要なテーマである。貯蔵性を維持する主な技術には、大別

すれば(1)CA貯蔵やMA貯蔵など、主に貯蔵中のガス環境を制御する技術、(2)1-MCPなどの化学薬剤を用いて、作物自体の成熟を抑制する技術、(3)遺伝子操作などにより、植物が持つ成熟因子をブロックする技術がある。しかし、(1)は、ガス環境の制御に伴う大量のエネルギーを必要とし、(2)や(3)は安全性や消費者が示す忌避性の問題がある。

また、従来、収穫後の日持ち性の概念は、主に病害の有無や硬度が商品性を有しているかどうか重点が置かれてきたが、香りや栄養価を重視した場合、既存の日持ち性を維持できても、必ずしも商品として受け入れられるとは限らない。特に近年のように、野菜や果物が単なる食料ではなく、「健康維持食品」としての地位を確立すればするほど、野菜や果物が持つ食品としての「機能性」を貯蔵中にいかに確保できるかが、非常に重要な問題となってくる。

現実的には、遺伝子操作や化学薬剤を用いない貯蔵法が、消費者の受け入れる唯一の方法であるが、様々な点で問題が多い。例えば高炭酸ガス処理は、作物の硬度維持には効果的であるが、呼吸によって上昇する二酸化炭素などにより、作物にはアセトアルデヒドやエタノールが蓄積し、「発酵果」に見られるような生理障害が生じ易い。更に、様々な揮発性成分の合成に伴う「異臭」の問題も生じる。こうした諸点から、新しい青果物の貯蔵システム開発が求められており、本研究では、光触媒技術を用いた青果物の貯蔵方法開発に焦点を当てた。光触媒は無害であり、エチレンを始めとする有機物を分解することから、青果物の貯蔵に利用可能であると思われる。

2. 研究の目的

光触媒技術を用いた、閉鎖系による新たな青果物貯蔵技術とエチレンアレロパシーの抑制技術を開発することを目的として研究を行った。

3. 研究の方法

(1) 光触媒装置の開発と性能試験

【材料および方法】

冷蔵庫内に容積 66 l のデシケーターを 2 個設置し、UV ライトと酸化チタンの薄膜を備えた光触媒装置開発し、設置した区(処理区)および酸化チタンと UV ライトを除いた装置を設置した区(対照区)を設けた。両区の温度および湿度は 7 ± 1 、 $88 \pm 3\%$ に調整した。実験 1, 2 とも おとめ心 を供試し、実験 1 は 2.4 kg を、実験 2 は 3.1 kg をそれ

ぞれのデシケーター内で貯蔵した。

実験 1: 果実品質の変化

貯蔵の前後で可溶性固形物含量、滴定酸度、果皮部の色相角・彩度・明度を測定した。さらに組成別の有機酸および糖濃度 HPLC で測定した。

実験 2: 貯蔵庫内の組成別ガス濃度および果実のガス生成量

チェンバー内のエチレン、CO₂ および O₂ 濃度を GC で測定した。また、果実自身から放出されるガス濃度の変化を調べる為、貯蔵開始時および終了時の果実を 500 ml のデシケーターに入れ、ヘッドスペースのエチレン、CO₂ および O₂ 濃度を測定した。

【結果および考察】

実験 1 1. 硬度および果皮色は、貯蔵開始時と終了時で差はなく、処理区間でも差はなかった(第 1 表)。

2. 糖度も硬度と同様の結果を示したが(第 1 表)、組成別濃度で見た場合、対照区では貯蔵中にスクロースおよび全糖濃度が低下したのに対し、処理区ではスクロース濃度は低下したものの、フルクトース濃度が上昇した結果、貯蔵終了時における全糖濃度は貯蔵開

第 3 表 光触媒酸化が果実に含まれる有機酸濃度に及ぼす影響

	有機酸濃度(mg・g ⁻¹ DW)		
	クエン酸	リンゴ酸	全有機酸濃度 ^X
貯蔵開始時	44.6 ^Y ± 5.3 a ^Z	18.6 ± 1.8 a	63.1 ± 7.0 a
貯蔵終了時	対照区 51.9 ± 2.1 a	11.0 ± 0.7 b	62.9 ± 2.6 a
	処理区 45.9 ± 4.0 a	11.7 ± 0.9 b	57.6 ± 4.6 a

始時と変わらなかった(第 2 表)。

第 1 表 光触媒酸化が果実品質に及ぼす影響

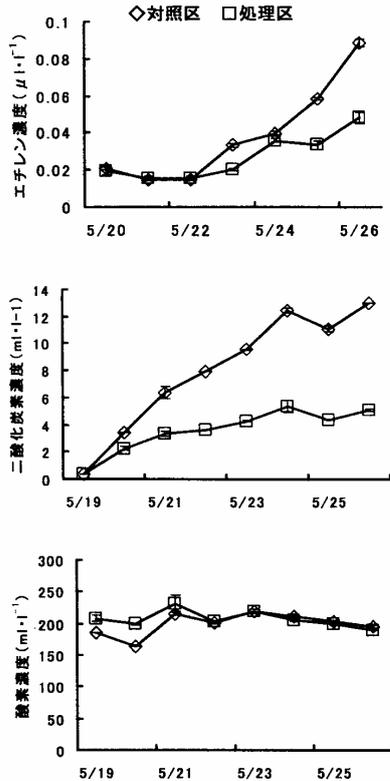
	貯蔵開始時	貯蔵終了時 ^X	
		対照区	処理区
硬度	188.94 ± 4.54 a ^Z	189.88 ± 2.87 a	184.88 ± 10.93 a
糖度	10.71 ± 0.50 a	10.50 ± 0.14 a	10.37 ± 0.29 a
酸度	0.71 ± 0.02 b	0.79 ± 0.01 a	0.80 ± 0.01 a
明度	36.24 ± 4.29 a	36.02 ± 2.14 a	33.45 ± 1.97 a
色相角	33.58 ± 5.36 a	37.26 ± 2.52 a	31.01 ± 4.82 a
彩度	44.06 ± 4.00 a	44.93 ± 2.59 a	42.18 ± 1.66 a

第 2 表 光触媒酸化が果実に含まれる糖濃度に及ぼす影響

	糖濃度(mg・g ⁻¹ DW)		
	フルクトース	グルコース	スクロース
貯蔵開始時	247.75 ^Y ± 9.98 b ^Z	234.37 ± 9.43 ab	273.26 ± 16.45 a
貯蔵終了時	対照区 242.72 ± 11.36 b	210.53 ± 11.22 b	119.97 ± 12.92 b
	処理区 308.87 ± 8.92 a	271.80 ± 7.32 a	163.55 ± 7.02 b
			744.23 ± 23.14 a

3. 滴定酸度は両区とも貯蔵中に低下したが、処理区間で差はなかった(第 1 表)。また、貯蔵中における滴定酸度の低下はリンゴ酸によるものであると考えられた(第 3 表)。

実験 2 1. チェンバー内の CO₂ およびエチレン濃度は対照区、処理区ともに貯蔵期間を通して増加したが、処理区では対照区と比べより低い濃度を維持した。一方、O₂ 濃度は対照区、処理区とも約 210 ml・l⁻¹ 前後を維持した(第 1 図)。



第1図 光触媒酸化が貯蔵庫内のガス濃度に及ぼす影響

2. 貯蔵中に果実が生成する CO₂ 濃度は低下し、エチレン濃度は増加したが、貯蔵終了時における対照区と処理区の差は認められなかった。

本実験の結果、光触媒酸化を利用したイチゴ果実の貯蔵では、貯蔵庫内に蓄積したエチレンや CO₂ 濃度を低下させることはできるが、果実が生成するエチレンや CO₂ 量には影響を与えないことが明らかとなった。また、貯蔵中における全糖濃度の低下を抑制できることが明らかとなった。

(2) 光触媒装置の改良と難貯蔵青果物の貯蔵試験

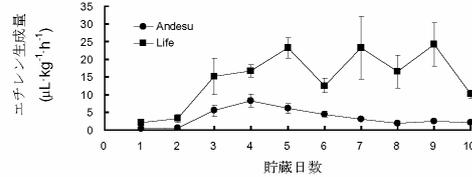
【材料および方法】

実験1 果実を収穫後20で10日間貯蔵し、エチレン生成量を測定した。対照区としてアンデスをを用いた。

実験2 果実を収穫後、2, 10, 20 および 10 + 光触媒条件下で14日間貯蔵し、さらに20に2日間置いた。貯蔵開始前、貯蔵後14日および20で2日後に3果ずつサンプリングし、果実赤道部から約2cmの横断切片を作成し、中果皮の内側および外側の果肉硬度を測定した。中果皮の中央部は、糖度計を用いて可溶性固形物含量 (SSC) を測定した後、果肉を凍結乾燥し、80%熱エタノールで抽出後、HPLCを用いて可溶性糖濃度を測定した。これとは別に、中果皮の凍結乾燥試

料をエタノールおよびアセトンで抽出し、抽出残渣 (AIS) に含まれる細胞壁成分含量を測定した。ただし、20区では貯蔵途中で果実が腐敗したため、4日および10日後に収穫した。

【結果および考察】



第1図 20°Cで貯蔵した‘ライフ’と‘アンデス’のエチレン生成量の変化

実験1 貯蔵期間を通じてライフのエチレン生成量はアンデスより高くなった (第1図)。

実験2 SSCは11~12%と低いが、ヘキソース比率が約1/2に達した (第1, 2表)。20貯蔵では果肉硬度、SSCおよびスクロース濃度が急激に低下し、商品価値を失った (第1, 2表)。

第1表 異なる貯蔵条件で貯蔵した‘ライフ’における果肉硬度およびSSCの変化

日数	果肉硬度 (N)						SSC (%)				
	中果皮内側		中果皮外側		中果皮中央						
0	5.9±0.3		13.1±0.8		11.3±0.6						
4	2°C	10°C	10°C	20°C	2°C	10°C	10°C	20°C	2°C	10°C	20°C
10	-TiO ₂	+TiO ₂	-TiO ₂								
14	5.6a	1.4a	3.6a	-	11.0a	2.7a	5.6a	-	12.1a	11.2a	12.1a
16	4.6a	1.8a	2.3b	-	7.9b	2.6a	2.5b	-	11.7a	10.5b	10.3b

*Student's t test, P<0.05.

第2表 異なる貯蔵条件で貯蔵した‘ライフ’における果肉の糖濃度 (g/100 ml 果汁) の変化

日数	グルコース			フルクトース			スクロース				
	2.4±0.1		2.5±0.1		5.9±0.8						
4	2°C	10°C	10°C	20°C	2°C	10°C	10°C	20°C	2°C	10°C	20°C
10	-TiO ₂	+TiO ₂	-TiO ₂								
14	2.2a	2.0a	1.9a	-	2.2a	2.2a	2.4a	-	7.0a	6.7a	7.4a
16	2.5a	2.0a	2.1a	-	2.7a	2.6a	2.5a	-	7.0a	5.7b	5.3b

2区では、14日間の貯蔵中も収穫前の果肉硬度を維持したが、10区では大きく低下した。10 + 光触媒区では、2区と10区の間硬度を維持したが、20に戻すと急激に軟化した。10 + 光触媒区におけるSSCおよびスクロース濃度も、20に戻すと急激に低下した。20区では、貯蔵中に炭酸ナトリウム可溶性画分でウロン酸含量が大きく減少し、逆に水溶性画分で増加した。同様の傾向は10区でも認められたが、10 + 光触媒区では減少程度がやや緩やかであった。20区では、貯蔵中に果皮が黄変し、果肉は著しい水浸症状を呈した (第2図)。2区では水浸症状は発症しないものの、果皮が陥没した (第3図)。10区では貯蔵中に果皮が陥没し、20に戻すと水浸症状を呈した。10 +



第2図 20°Cで貯蔵した‘ライフ’の形状および果肉の黄化



第3図 異なる貯蔵条件で貯蔵した‘ライフ’の果皮および果肉の変化

光触媒区では、貯蔵中果皮の陥没は僅かであり、果皮は黄変した。また、20 に戻した場合でも、水浸症状の発症は僅かであった。以上のように、果実の内部品質で見た場合、2 貯蔵が適するが、果皮の外観が著しく悪くなる。10 貯蔵では、果皮の陥没はある程度抑制できるが、常温に戻すと急激に水浸症状を呈して商品価値を失う。一方、10 + 光触媒貯蔵では、通常の外観、果肉、硬度、糖濃度を維持したことから、今回用いた貯蔵条件の中では、光触媒を用いて 10 で貯蔵することにより、ライフ の貯蔵性を最も高めることができると考えられた。

4. 研究成果

光触媒を用いた青果物の閉鎖系貯蔵システムの基礎的なデータは揃ったため、この成果を利用した商品化を模索する予定である。また、光触媒を用いた青果物の貯蔵に関しては、冷蔵貯蔵が困難である熱帯性果実の貯蔵システムとして利用できる可能性が非常に高く、平成 22 年 3 月に、タイ国チェンマイ大学に於いてポストハーベストセッションを開催した。今後は東南アジア諸国での実用的な共同研究を実施する。

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 4 件)

Nishizawa T., K. Okafuji and H. Murayama, Storability and development of physiological disorder of netted melon 'Life' fruit as influenced by storage conditions, Acta Horticulturae, 査読有, 2009, 837, pp.147-154,

Nishizawa T., M. Takeda, H. Murayama and U. Matsushima, Effects of TiO₂ photocatalytic oxidation in the room atmosphere and the quality of tomato fruit during storage under a closed system. Acta Horticulturae, 査読有, 2008, 804, pp.309-314,

Aikawa, T., T. Nishizawa, M. Ito, M. Togashi and N. Yamazaki, Changes in cell wall composition in 'Andesu' netted melon (*Cucumis melo* L.) fruit as influenced by the development of water-core, Asian Journal of Plant Sciences, 査読有, 2006, 5(6), pp.956-962,

Nishizawa T., T. Aikawa, M. Takahashi, H. Murayama and U. Matsushima, Storage

of horticultural products in closed rooms with TiO₂ photocatalyst: Changes in room atmosphere and quality of fruits and cut flowers, Acta Horticulturae, 査読有, 2006, 712, pp.261-268,

〔学会発表〕(計 6 件)

ヤン チャチャン・西沢 隆・村山秀樹, メロン ライフ 果実の日持ち性に関する研究, 2009 年 3 月 19~20 日, 園学研 別 1 09, pp.268, 東京

Nishizawa T., K. Okafuji and H. Murayama, Postharvest physiology of 'Life' netted melon fruit as influenced by storage temperature and TiO₂ photocatalyst, 2008 年 8 月 4~6 日, Asia-Pacific symposium on assuring and safety of agri-foods (APS 2008), pp.09,バンコク, タイ

西沢 隆・岡藤 香・村山秀樹, 貯蔵温度および光触媒が庄内在来メロン ライフ の貯蔵性に及ぼす影響, 2008 年 8 月 20~21 日, 園学要旨 平 20 東北支部, pp.39-40,盛岡, 岩手

Nishizawa T., M. Takeda, H. Murayama and U. Matsushima, Effects of TiO₂ photocatalytic oxidation in the room atmosphere and the quality of tomato fruit during storage under a closed system, 2007 年 12 月 3~6 日, Europe-Asia symposium on quality management in postharvest systems 2007 (EURASIA 2007), pp.53,バンコク, タイ

高橋桃子・西沢 隆, 光触媒酸化を利用したイチゴ果実の貯蔵に関する研究, 2006 年 8 月 22~23 日, 園学要旨 平 18 東北支部, pp.3-4,八戸, 青森

Nishizawa T., T. Aikawa, M. Takahashi, H. Murayama and U. Matsushima, Storage of horticultural products in closed rooms with TiO₂ photocatalyst: Changes in room atmosphere and quality of fruits and cut flowers, 2006 年 8 月 7~10 日, Asia-Pacific symposium on quality management for agri-foods in supply chains (MQUIC 2006), pp.09, バンコク, タイ

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.tr.yamagata-u.ac.jp/~nizizawa/>

6 . 研究組織

(1)研究代表者

西澤 隆 (NISHIZAWA Takashi)

山形大学・農学部・教授

研究者番号 : 10208176

(2)研究分担者

三橋 渉 (MITSUHASHI Wataru)

山形大学・農学部・教授

研究者番号 : 50192761

村山 秀樹 (MURAYAMA Hideki)

山形大学・農学部・教授

研究者番号 : 40230015