

平成 21 年 3 月 31 日現在

研究種目：基盤研究 (C)  
 研究期間：2006～2008  
 課題番号：18580034  
 研究課題名 (和文) マンゴー果実の成熟、貯蔵性に関連するエチレン生成および情報伝達の分子生物学的研究  
 研究課題名 (英文) Molecular biological study on ethylene biosynthesis and signal transduction in relation to ripening and storability of mango fruit  
 研究代表者  
 岩堀 修一 (IWAHORI SHUICHI)  
 東京農業大学・国際食料情報学部・教授  
 研究者番号：90078147

研究成果の概要：マンゴー果実をエチレン吸着袋で貯蔵すると、貯蔵期間が延長され、袋内の果実は呼吸、エチレン発生ともに抑えられた。果実を 20℃ と 13℃ で貯蔵すると、ACC 合成酵素、ACC 酸化酵素ともにまず遺伝子の発現が上昇し、ついで、酵素活性が増加、その後にエチレン発生が増加した。8℃ 貯蔵で低温障害が認められ、完熟果より緑熟果のほうが早く出現した。緑熟果では ACC 合成酵素、ACC 酸化酵素ともに遺伝子の発現が著しく高くなった。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	1,400,000	0	1,400,000
2007 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2008 年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	570,000	3,870,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農学、園芸・造園学

キーワード：マンゴー、エチレン、ACC 合成酵素、ACC 酸化酵素、MA 貯蔵、低温障害、エチレン吸収袋、遺伝子発現、

## 1. 研究開始当初の背景

マンゴーは近年日本でも沖縄、鹿児島、宮崎などで栽培が盛んになり、輸入品に比べて、完熟品を収穫するため品質が高く、好評を博している。しかし、今後のマンゴーの生産増加を考えると、効果的なマンゴーの貯蔵方法を開発しておく必要がある。

一般に青果物の貯蔵性を高めるためには、低温で貯蔵することにより呼吸と蒸散による水分の損失を抑えるほか、マンゴーのようなクライマクテリック型果実では果実の成熟に伴い多くのエチレンが生成され、それによって成熟が制御されていると考えられているので、貯蔵時のガス環境を整えることに

よりエチレン生成を抑制する方法がとられる。したがって多くの温帯産青果物は 0°C 近くの低温で貯蔵されているが、熱帯産の青果物は 10°C 前後より低い温度に置かれると低温障害 (chilling injury) と呼ばれる生理障害を引き起こすため、マンゴーを含む熱帯産青果物は比較的高い温度条件下で貯蔵せざるを得ず、結果として貯蔵可能な期間は温帯産青果物に比べて著しく短い。さらに貯蔵環境の二酸化炭素濃度を高く、酸素濃度を低く保つことによりエチレン生成を抑制する方法や、包装資材にエチレン吸着効果を付加しエチレンを積極的に除去する方法は、低温での貯蔵を前提としていることが多く、熱帯産果実に対しては十分な実用性が確保されていない。こうした背景だけでなく、最近では高品質なマンゴー果実に対する需要が高まっていることから、貯蔵性の向上は急務となっている。さらに、マンゴーにおいては貯蔵性に大きく影響するエチレンの生成やエチレンの果実成熟における機能に関する詳細な研究は行われていない。また、低温障害とエチレン生成との関係や障害軽減に関する研究も不十分である。

## 2. 研究の目的

熱帯果樹のマンゴーは、果実成熟期に大量のエチレンを生成するクライマクテリック型果実に分類される。

本研究はマンゴー果実の貯蔵性を向上させるため、果実をプラスチックで包装するいわゆる MA 貯蔵における、果実の貯蔵性と呼吸およびエチレン発生の関係を明らかにすること、さらに、成熟過程におけるエチレン生成と機能発現のメカニズムを明らかにし、マンゴー果実の貯蔵性を高める技術の開発に結びつけることを目的としている。また、低温障害におけるエチレン生成の機構を明

らかにし、低温障害軽減の方策を探ることも目的とした。

具体的には、エチレン生合成に関与する 2 つの酵素、ACC 合成酵素 (ACS) と ACC 酸化酵素 (ACO) をコードする遺伝子の発現の制御機構を明らかにすることにより、エチレン生成を効果的に抑制してマンゴー果実の貯蔵性を高めるための実用的な方法を設計・検証しようと試みた。また、低温で貯蔵した際のエチレン関連遺伝子の発現を解析し、果実の成熟段階と低温障害との関連、およびエチレン生成について考察した。

## 3. 研究の方法

(1) タイにおいて商業的成熟に達したマンゴー品種 'Nam Dok Mai' の 2 系統の果実を収穫し、50°C 15 分間の温湯処理後、13°C と 20°C 温度処理下で、ポリエチレン袋に封入、エチレン吸着袋に封入、対照の 3 処理区を設定して、貯蔵試験を行った。調査項目は果実重量の減少、硬度の変化、糖と酸含量、呼吸およびエチレン発生量、店持ちである。

(2) 商業的成熟に達したマンゴー品種 'Irwin' を宮古島で収穫し、20°C と 13°C で貯蔵して、経時的に呼吸、エチレン発生、1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) 合成酵素 (ACS)、ACC 酸化酵素 (ACO) の活性、およびこれらの酵素をコードする遺伝子のクローニングと発現を調べた。マンゴーの果肉から全 RNA を抽出し、これより cDNA を合成した。エチレン生合成遺伝子である ACC 合成酵素 (ACS1)、および ACC 酸化酵素 (ACO1) 遺伝子に対するプライマーを用いて、それぞれの遺伝子発現を定量 PCR にて解析した。

(3) マンゴーの果肉から全 RNA を抽出し、これより cDNA を合成した。緑熟期および収穫適期のマンゴー果実を低温 (8°C) で保蔵し、

経時的にエチレン生成と呼吸活性を測定した。次に、それぞれの果実の果肉 RNA から cDNA を合成し、エチレン生合成遺伝子である ACC 合成酵素 (ACS1)、および ACC 酸化酵素 (ACO1) 遺伝子に対するプライマーを用いて、それぞれの遺伝子発現を定量 PCR にて解析した。

#### 4. 研究成果

(1) 両系統ともに、重量の減少程度、呼吸、エチレン発生量は 20°C に比べて 13°C で減少した。13°C 貯蔵で低温障害は認められなかった。また、どの温度下でも、対照に比べて、ポリエチレン袋封入、特にエチレン吸着袋封入の果実は果実減量が少なく、呼吸、エチレン発生量ともに減少した。店持ちはこれらの指標と関係し、両系統とも温度は低いほうが店持ちは良く、またエチレン吸着袋でもっと良く、ついでポリエチレン袋封入であり、対照の果実で最も悪かった。

以上の結果から、マンゴー果実をエチレン吸着袋に入れ、13°C で貯蔵することによって、店持ちを大幅に改善でき、この方法が実用化できるものと思われた。

(2) 呼吸のクライマクテリック・ピークは 20°C で貯蔵 6 日後、13°C で 8 日後に認められた(図 1)。エチレン発生のピークは 20°C で 2 日後、13°C では 4 日後から上昇し、12 日後であった(図 2)。これに先立って、ACC 合成酵素(図 3)および ACC 酸化酵素(図 4)の活性のピークは 20°C では 2 日後、13°C では 8 日後に認められた。ACC 合成酵素(図 5)、ACC 酸化酵素(図 6)の遺伝子の発現はいずれも 20°C より 13°C のほうが高かった。

以上の結果はエチレン合成に関与している酵素の活性を調節することにより、マンゴー果実の貯蔵性を高めることができることを示唆している。

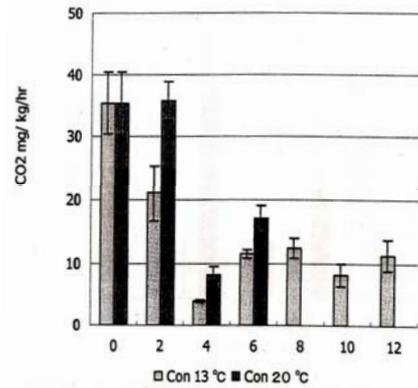


図 1 マンゴー果実の貯蔵中の呼吸変化

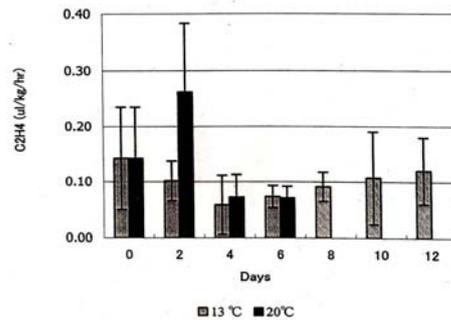


図 2 マンゴー果実の貯蔵中のエチレン発生量の変化

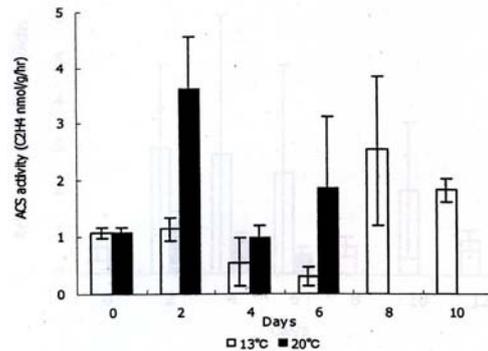


図 3 マンゴー果実の貯蔵中の ACC 合成酵素の変化

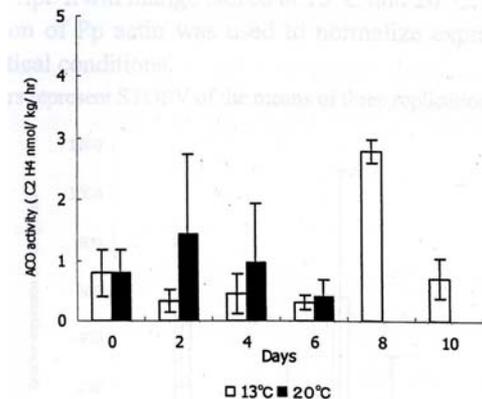


図 4 マンゴー果実の貯蔵中の ACC 酸化酵素の変化

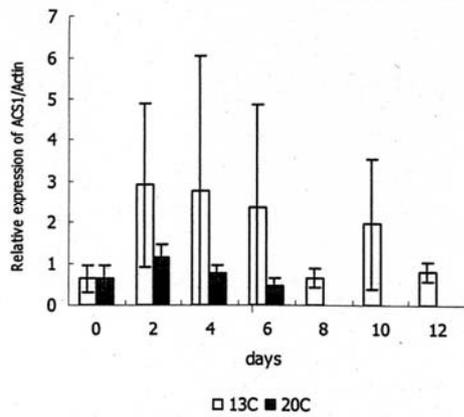


図5 マンゴー果実の貯蔵中の ACC 合成酵素の遺伝子 (ACS1) の発現の変化

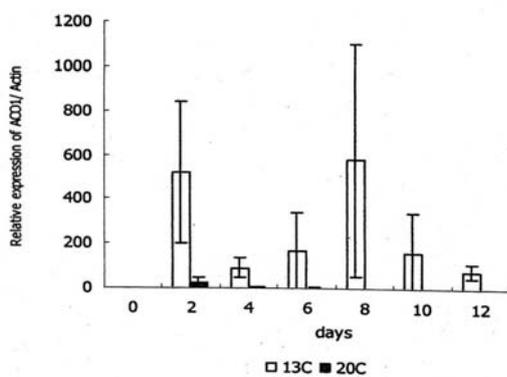


図6 マンゴー果実の貯蔵中の ACC 酸化酵素の遺伝子 (ACO1) の発現の変化

(3) 緑熟果実は収穫適期のマンゴー果実と比較して短い貯蔵期間で低温障害の発生が認められた。温浴により熱処理 (46°C、15分) を行ったところ、どちらのステージの果実でも低温障害の軽減が認められ、熱処理果実では、無処理果ものよりもエチレン生成が抑制されていた。エチレン生合成関係の遺伝子発現は、ステージよる違いが認められた。すなわち、緑熟果実では、低温貯蔵後3日後に著しく高くなったACS1とACO1の発現が、熱処理により抑制されていたのに対して、収穫適期の果実では、ACS1 発現量は非常に低かった (図7)。エチレン生成量との相関は明らかでなく、ACO1 の発現がレベルは低いもののエチレン生成の様式と一致していた (図8)。

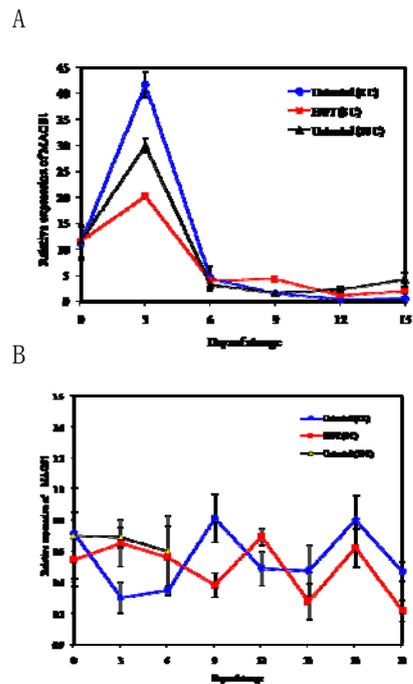


図7 マンゴー果実の低温障害に対する熱処理の ACS1 の発現に対する影響 A: 緑熟果実、B: 収穫適期

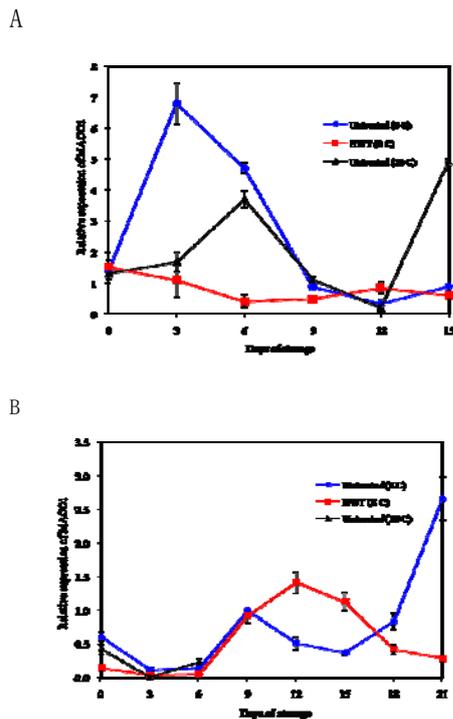


図8 マンゴー果実の低温障害に対する熱処理の ACO1 の発現に対する影響 A: 緑熟果実、B: 収穫適期

以上のことから、マンゴー果実の低温障害に対して熱処理 (46°C、15分) は障害低減に有効であること、また、緑熟果実は収穫適

期の果実より低温感受性が高く、低温処理によるエチレン生成も大きいことから、貯蔵や輸送には収穫適期の果実が適していることが示唆された。また、緑熟期の果実は収穫期と比較してエチレン生合成や情報伝達系が活性化している可能性が示唆されたため、貯蔵や輸送時にエチレンを制御することが重要であると考えられた。

#### 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)

Soe, T.T., H. Shiwachi, K. Koshio, S. Iwahori and H. Takahashi. 2006. Postharvest storage of Irwin mango under various conditions. J. ISSAAS (International Society for Southeast Asian Agricultural Sciences) 12(2):1-10. 査読有り

Soe, T.T., K. Koshio, P. Chaiprasart, H. Takahashi and S. Iwahori. 2007. Postharvest storage of two strains of Nam Dok Mai mango from northern Thailand and under different temperatures using various wrapping materials. J. ISSAAS 13(2):18-29. 査読有り

[学会発表] (計3件)

Soe, T.T., K. Koshio, P. Chaiprasart, S. Iwahori and H. Takahashi. 2006. Postharvest storage of Namdokmai mango of different maturity stages under different temperatures and various wrapping materials in northern Thailand. 日本熱帯農業学会第100回講演会 2006年10月21日 名城大学

Soe, T.T., K. Koshio, P. Chaiprasart, S. Iwahori and H. Takahashi. 2007. Postharvest storage of different strains of Namdokmai mango under different temperatures and various wrapping materials in northern Thailand. 日本熱帯農業学会創立50周年記念講演会 2007年3月31日 東京農業大学

Soe, T.T., K. Koshio, H. Takahashi, S. Sugaya, H. Gemma and S. Iwahori. 2008. Activity and gene expression of ethylene biosynthetic enzymes of Irwin mango during fruit ripening. 4th International Symposium on Tropical & Subtropical Fruits. International Society for Horticultural Science. November 4, 2008. Bogor, Indonesia.

[その他]

#### 6. 研究組織

##### (1)研究代表者

岩堀 修一 (IWAHORI SHUICHI)  
東京農業大学国際食料情報学科・教授  
研究者番号: 00012055

##### (2)研究分担者

菅谷 純子 (SUGAYA SUMIKO)  
筑波大学生命環境科学研究科・准教授  
研究者番号: 90302372

##### (3)連携研究者