

カキ果実の流通中の早期軟化現象の原因究明と防止法の確立

中野 龍平 (岡山大学 農学部)

makano@cc.okayama-u.ac.jp

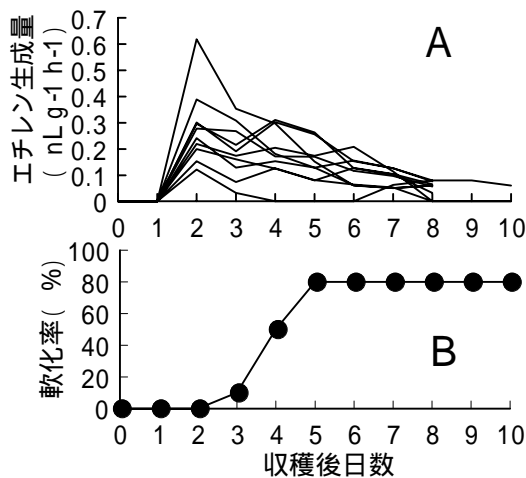
カキ生産流通業において問題となっている収穫後軟化に関して、軟化発生へのエチレンの関与をみいだした。さらに、エチレン生成関連遺伝子の解析により、このエチレンはカキ果実のヘタ組織において乾燥ストレスにより誘導されていることを明らかにした。以上の知見を基に、有孔ポリエチレン袋包装や防湿改良段ボール箱の利用による乾燥ストレスの軽減により、エチレン生成を抑制し、軟化発生を防止する技術を開発した。

はじめに

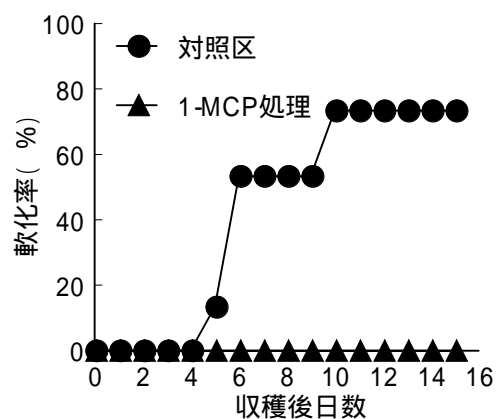
カキ果実は品種や栽培法などにより収穫後早期に軟化することがある¹⁾²⁾。特に、和歌山県、奈良県を中心に栽培されている‘刀根早生’果実は早期軟化が流通上で問題となっていた。この早期軟化の発生には果実成熟時の高温が関与しており、特にハウス促成栽培果実において軟化が多発していたが、近年では露地栽培果実でも早期軟化が発生するようになった。このため50億円以上もの収益をあげていた‘刀根早生’生産業がその存立も危惧される状況にあった。そこで、和歌山県果樹試験場の要請により、この早期軟化問題に取り組んだ。

カキ果実の軟化に対するエチレンの関与

モモ、メロン、セイヨウナシなど様々な果実において軟化には植物ホルモンの一つであるエチレンが関与していることが知られている。そこで、カキ‘刀根早生’果実の軟化発生に対するエチレンの関与を調査した³⁾⁴⁾。‘刀根早生’果実を収穫すると2日後より大変微量ではあるが果実からエチレン生成が検出され、このエチレン生成に伴いの約80%の果実が軟化した(第1図)。さらに、収穫した‘刀根早生’成熟果実のエチレン作用阻害剤である1-methylcyclopropene (1-MCP)を処理し、果実のエチレンに対する反応を阻害したところ、軟化の発生は顕著に抑制された(第2図)。このことから、‘刀根早生’成熟果実の収穫後の軟化に果実が生成する微量なエチレンが関与していることが明らかとなった。



第1図 ‘刀根早生’果実の収穫後のエチレン生成量と軟化発生。エチレン生成量は個々の果実の値を表示している

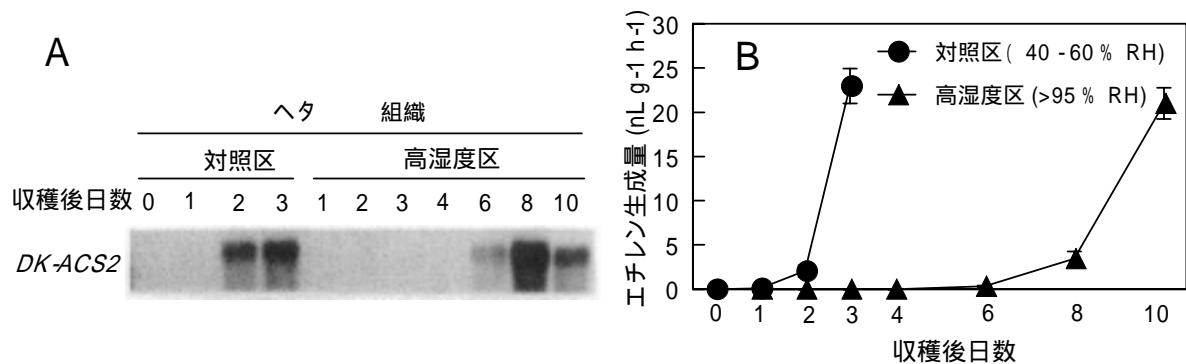


第2図 エチレン作用阻害剤1-MCPが‘刀根早生’果実の軟化発生に及ぼす影響

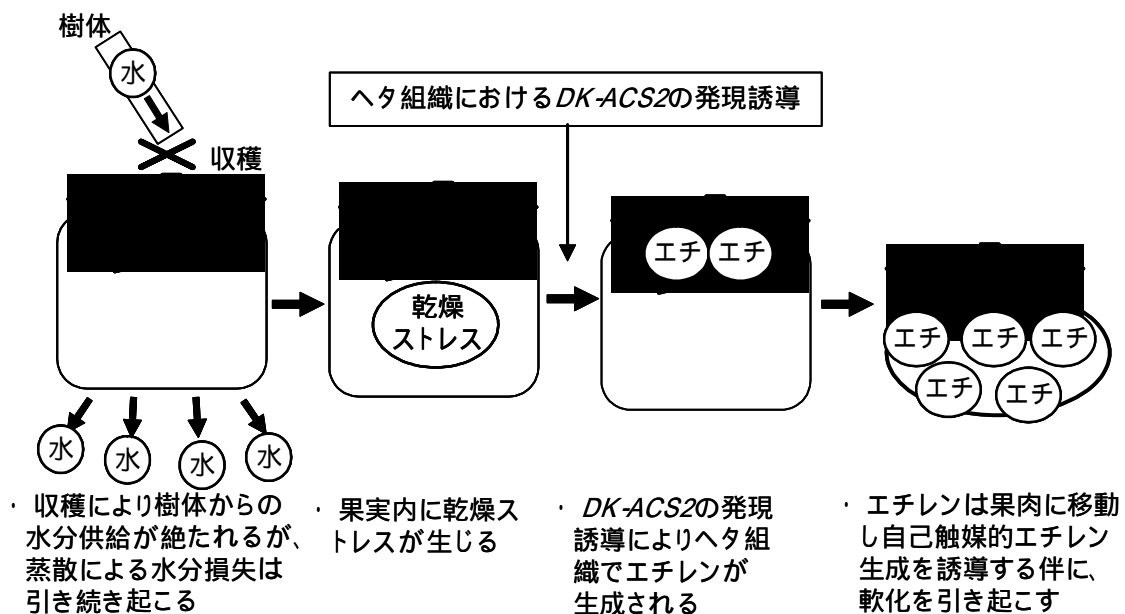
収穫後のカキ果実におけるエチレン生成誘導機構

次に、カキ果実におけるエチレン誘導機構の解析を試みた。カキでは幼果の段階で収穫した果実ほどエチレン生成量が多いので⁴⁾、幼果をモデルとして用い収穫後のエチレン生成の誘導機構を調査した⁵⁾。エチレン生成に関与する2つの律速酵素である 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) 合成酵素 (ACS) と ACC 酸化酵素 (ACO) について、それらをコードする遺伝子の cDNA をそれぞれ3種および2種単離した。果実の各組織における、ACS および ACO 遺伝子の発現解析の結果、まず最初に、ヘタ組織で ACS 遺伝子の一つである *DK-ACS2* の発現が誘導され、ヘタ組織でのエチレン生成が活性化されていた。続いて、このヘタ組織が生成したエチレンの自己触媒作用により果肉など他の組織でのエチレン生成が誘導されていた。さらに、果実を高湿度条件下で保存すると、ヘタ組織での *DK-ACS2* の発現誘導は抑えられ、エチレン生成も顕著に抑制された (第3図)。したがって、カキ果実の収穫後のエチレン生成は、収穫後の水分蒸散に伴う乾燥ストレスにより誘導されるヘタ組織での *DK-ACS2* の発現誘導が主因であることが示唆された (第4図)。

幼果で得られた結果が ‘刀根早生’ 成熟果にも適用できるかどうかを調査した⁶⁾。高湿度条件下に保持した果実では、エチレン生成やそれに伴う果実軟化が顕著に抑制され、‘刀根早生’ 成熟果のエチレン生成誘導にも乾燥ストレスが関与していることが確認された。



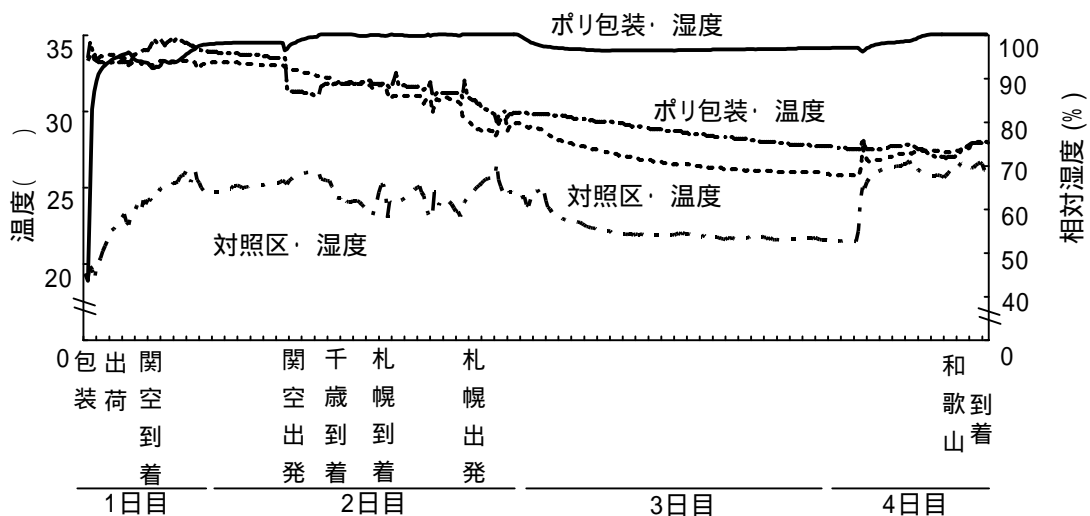
第3図 高湿度条件下での保存がカキ果実のヘタ組織における ACC 合成酵素遺伝子 *DK-ACS2* の発現誘導 (A) と果実のエチレン生成量 (B) に及ぼす影響



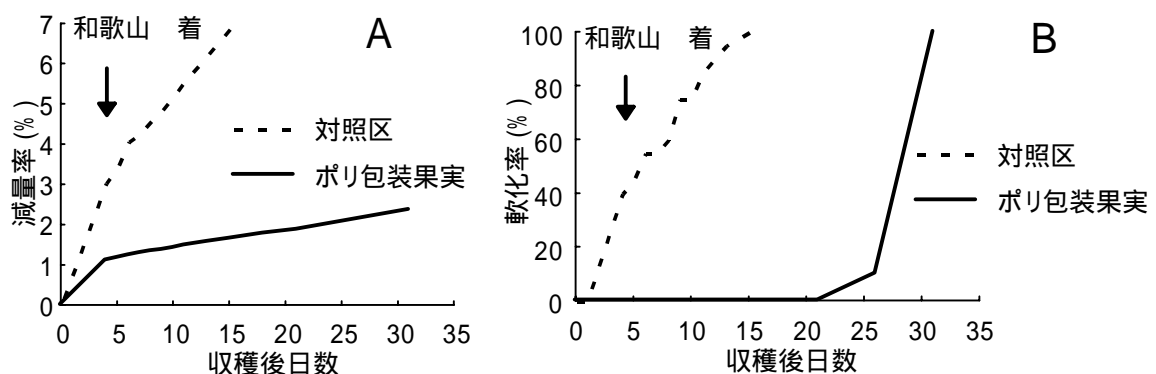
第4図 カキ果実におけるエチレン誘導・軟化発生機構の模式図

有孔ポリエチレン包装による‘刀根早生’果実の軟化抑制

上記の結果を踏まえて、有孔ポリエチレン包装を用いた水分蒸散の軽減によるエチレン生成・軟化発生の抑制を試みるとともに、その実用レベルでの使用に関して検討した³⁾⁴⁾⁷⁾⁸⁾。‘刀根早生’成熟果を有孔のポリエチレン袋で包装したところ、袋内のガス組成には大きな変化はなかったが、果実からの水分損失は抑制された。その結果、有孔ポリエチレン包装により、エチレン生成や果実軟化が著しく抑制された。また、有孔ポリエチレン包装は炭酸ガス脱渋処理した果実でもエチレン生成や軟化を効果的に抑制した。そこで、和歌山から札幌までの実用規模での輸送試験を行った。有孔ポリエチレン包装内の相対湿度は輸送期間中90%以上に保たれ(第5図)、果実の水分損失は無包装果実の3分の1以下であり(第6図A)、軟化果実の発生も著しく抑えられていた(第6図B)。このことより、有孔ポリエチレン包装は‘刀根早生’果実の流通中の軟化防止技術として実際の流通現場でも有効であることが確認された。



第5図 有孔ポリエチレン包装(ポリ包装)が‘刀根早生’果実の輸送期間中の湿度と温度に及ぼす影響



第6図 有孔ポリエチレン包装(ポリ包装)が‘刀根早生’果実の輸送期間中および棚持ち期間中の減量率(A)と軟化率(B)に及ぼす影響

防湿改良段ボール箱を用いた‘刀根早生’果実の軟化抑制

有孔ポリエチレン袋包装は小規模の流通には適していたが、選果ライン上での使用が困難なため大規模な流通現場では使用できなかった。そこで、透湿性の低い物質を塗布し箱内の湿度を高く保持した防湿改良段ボール箱の利用による軟化抑制を試みた⁹⁾。防湿改良段ボール箱は‘刀根早生’果実の効果的に軟化発生を抑制した。また、輸送試験においては、選果ライン上でも使用可能であることが確認された。

おわりに

現在、有孔ポリエチレン包装および防湿改良段ボール箱は実際に和歌山県‘刀根早生’果実の流通に利用されており、軟化防止に成功している。今後、本研究より得られた知見や技術が幅広くカキ果実や他の青果物の流通・貯蔵技術の進歩に生かされることを期待する。

謝辞

終始格別のご指導とご高配を承りました岡山大学農学部稲葉昭次教授、久保康隆助教授、京都大学農学研究科杉浦明名誉教授、米森敬三教授および田尾龍太郎助教授に心から感謝いたします。本研究は、岡山大学農学部農産物利用学研究室、農産食品学研究室、和歌山県農林水産総合技術センター果樹試験場かき・もも研究所およびレンゴー株式会社中央研究所の皆さんのご支援により進展したものであり、この場をお借りして厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 1) Nakano R., Ogura, E., Inoue S., Harima S., Kubo Y and Inaba A. (2001) Involvement of stress-induced ethylene biosynthesis in fruit softening of ‘Saijo’ persimmon fruit. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 70: 581-585.
- 2) 播磨真志・中野龍平・山本貴司・小松英雄・藤本欣司・北野欣信・久保康隆・稲葉昭次・富田栄一 (2001) カキ‘刀根早生’促成栽培果実の収穫後の軟化発生, 園芸学会雑誌, 70: 251-257.
- 3) 中野龍平・播磨真志・久保康隆・稲葉昭次 (2001) 有孔ポリエチレン包装によるカキ‘刀根早生’ハウス促成栽培果実の軟化抑制, 園芸学会雑誌, 70: 385-392.
- 4) Nakano, R. (2002) Involvement of water stress-induced ethylene in postharvest softening in Japanese persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.) fruit. Ph. D. Thesis, Kyoto University, Kyoto, 85pp.
- 5) Nakano R., Ogura E., Kubo Y. and Inaba A. (2003) Ethylene biosynthesis in detached young persimmon fruit is initiated in calyx and modulated by water loss from the fruit. Plant Physiology 131: 276-286.
- 6) Nakano R., Inoue S., Kubo Y. and Inaba A. (2002) Water stress-induced ethylene in the calyx triggers autocatalytic ethylene production and fruit softening in ‘Tonewase’ persimmon grown in a heated plastic-house. Postharvest Biology and Technology 25: 293-300.
- 7) 播磨真志・中野龍平・山内 勸・北野欣信・久保康隆・稲葉昭次・富田栄一 (2002) 有孔及び無孔ポリエチレン包装によるハウス栽培‘刀根早生’果実の軟化抑制技術の確立, 園芸学会雑誌, 71: 284-291.
- 8) 播磨真志・中野龍平・山内 勸・北野欣信・久保康隆・稲葉昭次・富田栄一 (2002) 種々の保存温度下における有孔ポリエチレン包装によるハウス栽培カキ‘刀根早生’果実の軟化抑制, 日本食品保蔵学会誌, 27: 325-330.
- 9) 播磨真志・中野龍平・山内 勸・北野欣信・久保康隆・稲葉昭次・富田栄一 (2002) カキ‘刀根早生’促成栽培果実の出荷容器の改善による軟化抑制, 園芸学会雑誌, 71: 583-587.

Mechanical Elucidation and Technical Resolution of Postharvest Softening in Persimmon Fruit

Ryohei Nakano (Okayama University, Faculty of Agriculture)

makano@cc.okayama-u.ac.jp