

和歌山県産カキ四品種の成熟過程による カロテノイドおよびアスコルビン酸含量の変化について

Changes of carotenoids and ascorbic acid contents in four Japanese persimmon cultivars harvested in Wakayama prefecture during maturation

北川 雅 啓

大手前大学健康栄養学部

要 約

‘刀根早生’、‘平核無’、‘富有’ および ‘新秋’ の成熟過程による果肉中の主要なカロテノイド (β -クリプトキサンチン、ゼアキサンチン+ルテイン、リコペン、 β -カロテン) およびアスコルビン酸含量の変化を調べた。‘刀根早生’ や ‘平核無’ のカロテノイドについては、収穫始期でゼアキサンチン+ルテイン、 β -クリプトキサンチンおよび β -カロテンが増加し、特に、収穫後期で β -クリプトキサンチンが顕著に増加した。‘富有’ では、収穫始期より β -クリプトキサンチンおよびリコペンが著しく増加した。‘新秋’ はハウス栽培のため、他の品種と比べ、収穫始期で β -クリプトキサンチンが最も増加し、成熟に伴い減少した。アスコルビン酸では、どの品種も成熟に伴い、減少した。

また、四品種のカキにおいて果肉および果皮中カロテノイドおよびアスコルビン酸含量を比較した場合、カロテノイドの合計量では、果皮が果肉の5.4~15.7倍高く、アスコルビン酸でも果皮で1.5~3.0倍高かった。

今回検討した四品種のうち、‘富有’ はカロテノイドおよびアスコルビン酸含量が一番高く、これらの貴重な給源となることが明らかになった。

キーワード

カキ、成熟、カロテノイド、アスコルビン酸

緒 論

カキは、日本に広く分布し、収穫量の全国順位は、和歌山県が1位、奈良県が2位で、この2県で全国の収穫量の36%を占めている。和歌山県では ‘刀根早生’、‘平核無’ および ‘富有’ の生産量が多く、特に ‘刀根早生’ においては日本で最も多い生産県である。カキの色は、

成熟に伴い、緑色-黄色-橙色へと変化していく。その変色の原因はカロテノイド含量の変化が主たる要因である。成熟したカキにはカロテノイド含量が高く、主要なカロテノイドとしては、カキの品種にもよるが、 β -クリプトキサンチン、ゼアキサンチン、ルテイン、リコペンおよび β -カロテンなどである。これらのカロテノイドはプロビタミンAとしてだけでなく、抗酸化作用や発ガン抑制効果など様々な生体調節機能についての研究がおこなわれている¹⁾。しかし、カキの完熟期におけるカロテノイド含量を報告した論文^{2,3)}はあるが、成熟過程による変化を報告した論文^{4,5,6)}は少ない。また、カキにはアスコルビン酸も豊富に含まれているが、カロテノイド同様に成熟過程による変化を示した報告例は少ない。そこで、本研究では和歌山県産の代表的な三品種の ‘刀根早生’、‘平核無’、‘富有’、および主にハウス栽培される ‘新秋’ を用いて、果皮が緑色の摘果時期より橙色の収穫期までのカロテノイドおよびアスコルビン酸含量の成熟過程による変化を調べた。

材料と方法

1. 実験材料

(1) 試料

カキ試料は、和歌山県農林水産総合技術センター果樹試験場かき・もも研究所より、各カキの採取時期で多数採取したものから5~10個を試料とした。表1に示すように、カキの採取時期は、摘果時期(肥大I期)、肥大II期および収穫期(肥大III期)(始期、中期、後期)とした。カキの収穫時期の順序は ‘新秋’、‘刀根早生’、‘平核無’、‘富有’ の順であった。‘新秋’ は一般的に果皮色が向上し、果皮に生じる汚損の程度が軽くなるため、ハウス栽培されることが多い⁷⁾が、本分析に

投 稿 2020年12月5日 連絡先 北川 雅啓 ma-kita@otemae.ac.jp
改 訂 2021年2月20日
受 理 2021年2月21日

和歌山県産カキ四品種の成熟過程による カロテノイドおよびアスコルビン酸含量の変化について

Changes of carotenoids and ascorbic acid contents in four Japanese persimmon cultivars harvested in Wakayama prefecture during maturation

北川 雅 啓

大手前大学健康栄養学部

要 約

‘刀根早生’、‘平核無’、‘富有’ および ‘新秋’ の成熟過程による果肉中の主要なカロテノイド (β -クリプトキサンチン、ゼアキサンチン+ルテイン、リコペン、 β -カロテン) およびアスコルビン酸含量の変化を調べた。‘刀根早生’ や ‘平核無’ のカロテノイドについては、収穫始期でゼアキサンチン+ルテイン、 β -クリプトキサンチンおよび β -カロテンが増加し、特に、収穫後期で β -クリプトキサンチンが顕著に増加した。‘富有’ では、収穫始期より β -クリプトキサンチンおよびリコペンが著しく増加した。‘新秋’ はハウス栽培のため、他の品種と比べ、収穫始期で β -クリプトキサンチンが最も増加し、成熟に伴い減少した。アスコルビン酸では、どの品種も成熟に伴い、減少した。

また、四品種のカキにおいて果肉および果皮中カロテノイドおよびアスコルビン酸含量を比較した場合、カロテノイドの合計量では、果皮が果肉の5.4~15.7倍高く、アスコルビン酸でも果皮で1.5~3.0倍高かった。

今回検討した四品種のうち、‘富有’ はカロテノイドおよびアスコルビン酸含量が一番高く、これらの貴重な給源となることが明らかになった。

キーワード

カキ、成熟、カロテノイド、アスコルビン酸

緒 論

カキは、日本に広く分布し、収穫量の全国順位は、和歌山県が1位、奈良県が2位で、この2県で全国の収穫量の36%を占めている。和歌山県では ‘刀根早生’、‘平核無’ および ‘富有’ の生産量が多く、特に ‘刀根早生’ においては日本で最も多い生産県である。カキの色は、

成熟に伴い、緑色-黄色-橙色へと変化していく。その変色の原因はカロテノイド含量の変化が主たる要因である。成熟したカキにはカロテノイド含量が高く、主要なカロテノイドとしては、カキの品種にもよるが、 β -クリプトキサンチン、ゼアキサンチン、ルテイン、リコペンおよび β -カロテンなどである。これらのカロテノイドはプロビタミンAとしてだけでなく、抗酸化作用や発ガン抑制効果など様々な生体調節機能についての研究がおこなわれている¹⁾。しかし、カキの完熟期におけるカロテノイド含量を報告した論文^{2,3)}はあるが、成熟過程による変化を報告した論文^{4,5,6)}は少ない。また、カキにはアスコルビン酸も豊富に含まれているが、カロテノイド同様に成熟過程による変化を示した報告例は少ない。そこで、本研究では和歌山県産の代表的な三品種の ‘刀根早生’、‘平核無’、‘富有’、および主にハウス栽培される ‘新秋’ を用いて、果皮が緑色の摘果時期より橙色の収穫期までのカロテノイドおよびアスコルビン酸含量の成熟過程による変化を調べた。

材料と方法

1. 実験材料

(1) 試料

カキ試料は、和歌山県農林水産総合技術センター果樹試験場かき・もも研究所より、各カキの採取時期で多数採取したのから5~10個を試料とした。表1に示すように、カキの採取時期は、摘果時期(肥大I期)、肥大II期および収穫期(肥大III期)(始期、中期、後期)とした。カキの収穫時期の順序は ‘新秋’、‘刀根早生’、‘平核無’、‘富有’ の順であった。‘新秋’ は一般的に果皮色が向上し、果皮に生じる汚損の程度が軽くなるため、ハウス栽培されることが多い⁷⁾ が、本分析に

投 稿 2020年12月5日 連絡先 北川 雅啓 ma-kita@otemae.ac.jp
改 訂 2021年2月20日
受 理 2021年2月21日

表1 カキ採取時期

	摘果時期	肥大Ⅱ期	収穫期(肥大Ⅲ期)		
	(肥大Ⅰ期)		始期	中期	後期
刀根早生	6月19日	8月18日	9月18日	9月29日	10月6日
平核無	6月19日	8月18日	10月19日	10月22日	10月28日
富有	6月30日	8月18日	11月11日	11月17日	11月24日
新秋	6月30日	8月18日	9月16日	9月21日	9月28日

においてもハウス栽培のものを使用したため、熟期が早くなった。‘新秋’および‘富有’は完全甘ガキであり、‘刀根早生’および‘平核無’は不完全渋ガキである⁸⁾。採取した試料はすぐに冷凍貯蔵(−30℃)した。分析には、渋ガキは未脱渋のまま使用した。果肉と果皮に分けて使用し、カキ1品種につき同時期採取の試料を4～6個を分析した。

(2) 試薬

β -カロテンおよびリコペン標品はシグマアルドリッチ社製を使用した。ゼアキサントシンおよび β -クリプトキサントシン標品はエキストラシンシース社製を使用した。ピロガロールは関東化学製、ブチルヒドロキソトルエンおよびL-アスコルビン酸はナカライテスク社製、2,6-ジクロロインドフェノールナトリウム、2,4-ジニトロフェニルヒドラジンおよびその他の試薬はシグマアルドリッチ社製試薬特級を用いた。

2. カロテノイドおよびアスコルビン酸含量の測定

(1) HPLC供試液の調製

カロテノイド含量の測定はHartらの方法⁹⁾を改変しておこなった。簡略に示すと、試料5gに炭酸マグネシウム0.25gおよびピロガロール0.05gを加え、THF-メタノール混合溶液(1:1, v/v)15mlを加えてホモジナイズし、遠心分離(2500rpm, 3分)して上清を回収した。沈殿に再度THF-メタノール混合溶液(1:1, v/v)15mlを加え、同様の操作を3回繰り返した。回収した上清を分液漏斗に移し、石油エーテル(BHT0.025%を含む)25mlおよび10%塩化ナトリウム溶液25mlを加えて振とうし、上層(石油エーテル層)に分配した。さらに下層(水層)を別の分液漏斗に移し、石油エーテル(BHT0.025%を含む)25mlを加えて振とうした。これを2回繰り返した。回収した石油エーテル層に無水硫酸ナトリウム30gを加えて脱水し、窒素下で減圧留去した後、ジクロロメタン4mlで溶解し10%メタノール性KOH溶液4mlを加え、室温で1時間、冷暗所でケン化をおこなった。

ケン化後、石油エーテル20ml(BHT0.025%を含む)および10%塩化ナトリウム溶液20mlを加え振とうし、石油エーテル層に分配した。さらに下層(水層)を別の分液漏斗に移し、石油エーテル(BHT0.025%を含む)20mlを加えて振とうした。これを2回繰り返した。回収した石油エーテル層を水洗後、無水硫酸ナトリウム30gで脱水し、窒素下で減圧留去し、ジクロロメタンを加えて10mlに定容し、HPLC供試液とした。

アスコルビン酸含量の測定は小高らの方法¹⁰⁾によりおこなった。概略を示すと、試料5gに5%メタリン酸溶液20mlを加えてホモジナイズし、100mlメスフラスコに移して5%メタリン酸溶液で定容した。これを遠心分離(3000rpm, 15分)し、上清の一定量に0.2%ジクロロインドフェノールナトリウム溶液0.1ml、2%チオ尿素溶液2.5mlおよび2%ジニトロフェニルヒドラジン溶液0.5mlを加え、50℃で90分間加温した。冷却後、酢酸エチル2.5mlを加え、10分間振とうし、水層を除去後、無水硫酸ナトリウム1gを加え脱水した。遠心分離(1500rpm, 5分)後、上清をHPLC供試液とした。

(2) HPLC装置及び測定条件

カロテノイドは、HPLC装置として、分析カラムはWaters社製ResolveC18(3.9mmI.D.×150mm)、紫外可視検出器(日本分光社製UV-970)、ポンプ(日本分光社製PU-980)、カラムオープン(日本分光社製TU-100)、オートサンプラー(日本分光社製851-AS)およびデータ処理装置(システムインストルメンツ社製SIC-480)を使用した。カラム温度は30℃、移動相はアセトニトリル:ジクロロメタン:メタノール:水:1-オクタノール(100:40:10:5:0.15, v/v)、検出波長は451nm、流速は0.8ml/分、注入量は20 μ lとした。

アスコルビン酸は、HPLC装置として、分析カラムはMacherey-Nagel社製Nucleosil100-5(4.6mmI.D.×250mm)、紫外可視検出器(日本分光社製875-UV)、ポンプ(日本分光社製880-PU)、カラムオープン(日本分光社製TU-100)、オートサンプラー(日本分光社

製851-AS) およびデータ処理装置 (システムインストルメンツ社製SIC-480) を使用した。カラム温度は30℃、移動相は n-ヘキサン:酢酸エチル:酢酸 (4:5:1, v/v)、検出波長は495nm、流速は1.0ml/分、注入量は20 μlとした。

結果および考察

1. カキ成熟過程中的カロテノイド含量の変化

‘刀根早生’、‘平核無’、‘富有’ および ‘新秋’ の成熟過程による果肉中カロテノイド含量の変化を図1に示した。ゼアキササンチンとルテインについては、今回の分析条件では分離できなかったため、両者の合計量で表した。まず、‘刀根早生’ および ‘平核無’ の成熟過程による変化では、摘果時期 (肥大Ⅰ期) および肥大Ⅱ期で、ゼアキササンチン+ルテインおよびβ-カロテンが検出され、収穫期では顕著な増加がみられた。さらに収穫期 (肥大Ⅲ期) での成熟が進むにつれ、β-カロテンは増加がみられたが、ゼアキササンチン+ルテインでは変化がみられなかった。新川ら⁵⁾ は、カキの代謝が進むとゼアキササンチンはビオラキササンチンに変化し、さらにはカロテノイドの分解まで進む可能性があるとして報告しており、ゼアキササンチンが増加しなかった今回の結果の一因と考えられる。一方、β-クリプトキササンチンは摘果時期、肥大Ⅱ期では検出されなかったが、収穫期より検出され、成熟が進むにつれ、他のカロテノイドに比べて顕著に増加した。この結果は、近ら⁴⁾ の ‘四ツ溝’ の成熟過程によるβ-クリプトキササンチン含量の顕著な増加と一致した。これらのことより、‘刀根早生’ および ‘平核無’

の成熟による着色は、黄色系色素β-クリプトキササンチン含量の増加が一因であることが推察された。

次に、‘富有’ での成熟過程によるカロテノイド含量の変化では、ゼアキササンチン+ルテインおよびβ-カロテン含量が摘果時期および肥大Ⅱ期で検出され大きくは変化しなかったが、収穫期で増加した。β-カロテンはさらに成熟が進むにつれて増加傾向を示したが、‘刀根早生’ および ‘平核無’ と同様に、ゼアキササンチン+ルテインは顕著な増加を示さなかった。β-クリプトキササンチンは摘果時期および肥大Ⅱ期で検出されなかったが、収穫期で顕著に増加した。しかし、収穫期での成熟による増加はみられなかった。‘富有’ は他の品種と異なり、収穫期よりリコペンが検出され、成熟に伴い著しい増加がみられた。新川ら⁶⁾ は ‘富有’ の成熟後期によるリコペンの特異的な蓄積を報告しており、収穫期での赤色系色素であるリコペンの顕著な増加が ‘富有’ の色付きと関係していることが推察された。‘新秋’ では、他の品種と異なり、β-クリプトキササンチンが肥大Ⅱ期で検出され、収穫始期で顕著に増加したが、成熟が進むにつれ、著しく減少した。これは ‘新秋’ はハウス栽培のため、他の品種より生育が早いことが影響していると推察された。カキの着色において、β-クリプトキササンチン含量あるいはリコペン含量が密接に関連していることがわかった。

完熟期である収穫後期の ‘刀根早生’、‘平核無’ および ‘新秋’ での果肉中カロテノイド含量の多い順でみると、β-クリプトキササンチンが最も多く、次にゼアキササンチン+ルテインとβ-カロテンがほぼ同量で続いた。

収穫後期における刀根早生の全カロテノイドにおけるβ-クリプトキササンチンの割合は64.9%、β-カロテンは18.1%、ゼアキササンチン+ルテインは17.0%であった。新川ら⁵⁾ は ‘刀根早生’ でβ-クリプトキササンチンが34%と最も高く、β-カロテンおよびゼアキササンチンを併せた3種のカロテノイド合計量は、総カロテノイド量の84%を占めたと報告している。近ら⁴⁾ は ‘四ツ溝’ で、β-クリプトキササンチンが全カロテノイドの37%、β-カロテンが24.2%、ゼアキササンチンが6.8%、Curl¹¹⁾ らは ‘蜂屋’ で、β-クリプトキササンチンが38%、β-カロテンが7%、ゼアキササンチンが18%と報告している。

また、収穫後期の ‘富有’ での果肉中カロテノイド含量の多い順番はβ-クリプトキササンチン、リコペン、β-カロテンおよびゼアキササンチン+ルテインの順であり、全カロテノイドに

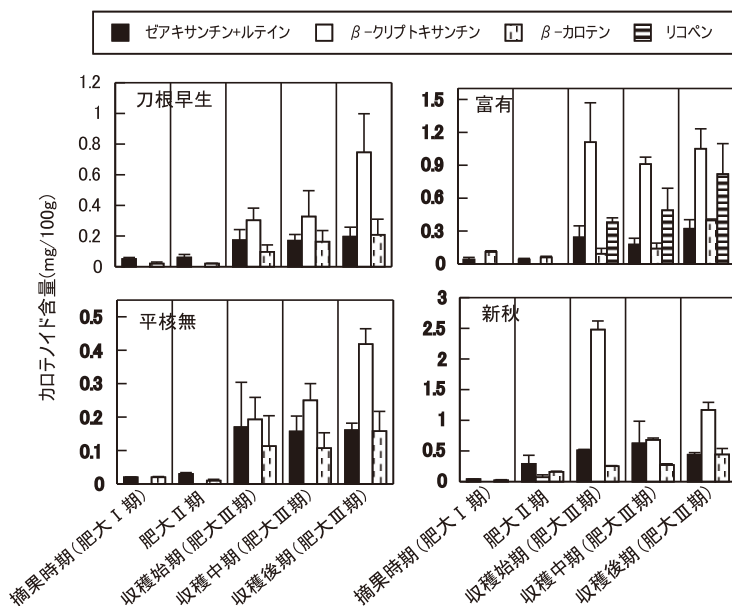


図1 成熟過程によるカキ果肉中カロテノイド含量の変化

占める割合は、それぞれ40.6%、31.7%、15.3%、12.4%であった。Brossardら¹²⁾は‘富有’で、β-クリプトキサンチンが31.0%、リコペンが29.0%、β-カロテンが4.6%、ゼアキサンチンが6.8%、新川ら⁶⁾はβ-クリプトキサンチンが29%、リコペンが53%、β-カロテンが6%、ゼアキサンチンが13%と報告している。また、Homnavaらの報告²⁾では‘富有’でα-カロテンが検出されているが、今回の分析条件では検出することができなかった。これらの報告は、今回検討した四品種のカキではβ-クリプトキサンチン、リコペン、β-カロテンおよびゼアキサンチン+ルテインが主要なカロテノイドであるという結果と一致した。

2. カキ成熟過程中的アスコルビン酸含量の変化

成熟過程による果肉中アスコルビン酸含量の変化を図2に示した。測定した四品種のいずれのカキも成熟に伴い、アスコルビン酸含量が減少し、収穫期で顕著に減少を示した。‘刀根早生’では、摘果時期に対して収穫後期では41.3%に減少した。これは、成熟とともに、総ア

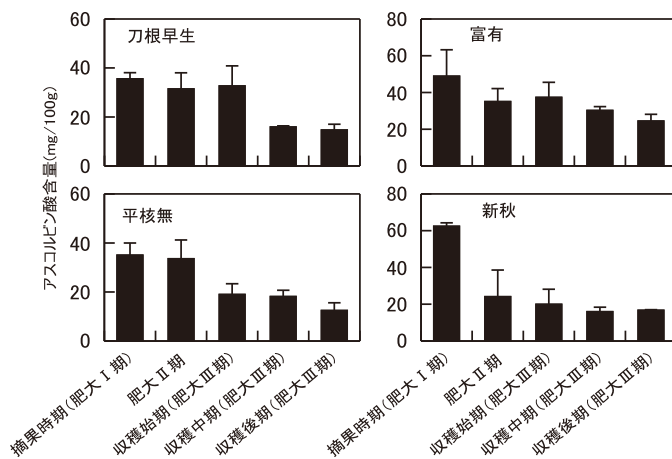


図2 成熟過程によるカキ果肉中アスコルビン酸含量の変化

スコルビン酸量が減少するという稲葉らの報告¹³⁾や‘富有’や‘刀根早生’で測定した新川らの報告¹⁴⁾と一致した。品種間による減少割合では、‘富有’と比較すると、それ以外の三品種の収穫期における減少割合は高く、特に、新秋ではその減少が顕著であった。その要因の一つとしては、アスコルビン酸は果実の軟化を抑制する抗酸化剤として作用し¹⁴⁾、‘富有’以外の三品種については軟化の進行が早く、その抑制のためにアスコルビン酸が消費された可能性があることが推察された。

3. 収穫中期における果肉および果皮中カロテノイドおよびアスコルビン酸含量の比較と品種間による差異

結果を表2に示した。果肉と果皮におけるカロテノイド含量の比較では、果肉より果皮がゼアキサンチン+ルテインで5.3~19.6倍、β-クリプトキサンチンで5.5~17.4倍、リコペンで4.1倍、β-カロテンで4.9~9.9倍高かった。これらの結果は近ら⁴⁾の‘四ツ溝’や新川ら^{5,6)}の‘刀根早生’、‘富有’と同様の結果であった。一方、果肉と果皮におけるアスコルビン酸含量の比較では、果皮が果肉より1.5~3.0倍高い値を示した。新川ら¹⁴⁾は、‘刀根早生’で2倍、‘平核無’で4倍、‘富有’で2.8倍、‘新秋’で2倍、果皮のほうが果肉より高い値を示したと報告しており、アスコルビン酸では、カロテノイドほど果肉と果皮に差はみられなかった。

次に、果肉中に含まれるカロテノイドの合計量を品種間で比較すると、‘富有’が1.72mg/100gで最も多く、次に‘新秋’が1.58mg/100g、‘刀根早生’が0.66mg/100g、‘平核無’が0.52mg/100gであった。このように果肉で甘ガキが渋ガキよりカロテノイド含量が高いという結果はHomnava²⁾らの結果と一致した。また、アスコルビン酸では果肉において、‘富有’が30.19mg/100gで最も多く、‘平核無’

表2 収穫中期における果肉および果皮中カロテノイドおよびアスコルビン酸含量の比較

	ゼアキサンチン +ルテイン (mg/100g)	β-クリプトキサンチン (mg/100g)	リコペン (mg/100g)	β-カロテン (mg/100g)	アスコルビン酸 (mg/100g)
果肉					
刀根早生	0.17±0.04	0.33±0.17		0.16±0.07	15.89±0.51
平核無	0.16±0.05	0.25±0.05		0.11±0.05	18.10±2.59
富有	0.18±0.06	0.91±0.06	0.49±0.20	0.14±0.05	30.19±2.14
新秋	0.63±0.36	0.68±0.03		0.27±0.02	15.90±2.46
果皮					
刀根早生	3.33±0.34	4.29±0.90		1.12±0.21	46.95±2.70
平核無	2.94±0.15	4.34±0.02		0.90±0.19	38.48±9.15
富有	2.05±0.09	5.05±0.98	2.00±1.20	1.39±0.24	61.61±7.16
新秋	3.35±0.46	3.93±0.89		1.32±0.15	24.10±3.24

が18.10mg/100 g、‘新秋’が15.90mg/100 g、‘刀根早生’が15.89mg/100 gで、‘富有’が他の三品種のカキより高い値を示した。今回、四品種のカキで比較をしたが、特に、‘富有’は β -クリプトキサンやリコペンを豊富に含み、また、アスコルビン酸含量も一番高く、カロテノイドやアスコルビン酸の有用な給源となることがわかった。

謝 辞

最後に、この論文を作成するにあたり終始ご指導およびご助言くださいました元和歌山大学教育学部教授細谷圭助先生に心から厚くお礼申し上げます。また、カキ試料を提供していただきました、和歌山県農林水産総合技術センター果樹試験場かき・もも研究所の皆様にも深く感謝いたします。

文 献

- Nishino, H.; Tokuda, H.; Murakoshi, M.; Satomi, Y.; Masuda M.; Onozuka, M.; Yamaguchi, S.; Takayasu, J.; Turuta, J.; Okuda, M.; Khachik, F.; Narisawa T.; Yano. M. Cancer prevention by natural carotenoids. *Biofactors*. 2000. Vol. 13, 89-94.
- Homnava, A.; Payne, J.; Koehler, P.; Eitenmiller, R. Provitamin A (alpha-carotene, beta-carotene and beta-cryptoxanthin) and ascorbic acid content of Japanese and American persimmons. *J. Food Qual.* 1990, Vol. 13, No. 2, 85-95.
- Daood, H.G.; Biacs, P.; Czinkotai, B.; Hoschke, A. Chromatographic investigation of carotenoids, sugars and organic acids from Diospyros kaki fruits. *Food Chem.* 1992, Vol. 45, No. 2, 151-155.
- 近雅代, 榛葉良之助. 四ツ溝柿の成熟, 貯蔵および干し柿加工中のカロチノイド組成の変化. *日食工誌*. 1987, Vol. 34, No. 3, 155-162.
- 新川猛, 加藤雅也, 鈴木哲也, 尾関健, 生駒吉識. カキ‘早秋’と‘刀根早生’果実におけるカロテノイド蓄積とカロテノイド生合成関連酵素遺伝子の発現特性. *園学研*. 2014, Vol. 13, 53-58.
- 新川猛, 鈴木哲也, 尾関健, 加藤雅也, 生駒吉識. カキ‘富有’の成熟に伴うカロテノイド蓄積特性. *園学研*. 2007, Vol. 6, 251-256.
- 山根弘康, 栗原昭夫, 永田賢嗣, 山田昌彦, 岸光夫, 吉永勝一, 松本亮司, 小澤俊治, 角利昭, 平林利郎, 角谷真奈美. カキの新品種‘新秋’. *果樹試報*. 1991, Vol. 19, 13-27.
- 濱崎貞弘, 柿づくし. *農文協*. 2016, 40-42.
- Hart, D. J.; Scott, K. J. Development and evaluation of an HPLC method for the analysis of carotenoids in foods, and the measurement of the carotenoid content of vegetables and fruits commonly consumed in the UK. *Food Chem.* 1995, Vol. 54, 101-111.
- 小高要, 稲垣節子, 氏家隆, 上野順士, 須田浩行. 高速液体クロマトグラフィーによる食品中の総ビタミンCの定量. *ビタミン*. 1985, Vol. 59, 451-455.
- Curl, A. L. The carotenoids of Japanese persimmons. *J. Food Sci.* 1960, Vol. 25, 670-674.
- Brossard, J.; Mackinney, G. Fruit Pigments, The carotenoids of Diospyros Kaki (Japaneses Persimmons). *J. Agric. Food Chem.* 1963, Vol. 11, 501-503.
- 稲葉昭次, 傍島善次, 石田雅士. カキ果実中の主要成分の季節的変化. *京都府大学報農*. 1971, Vol. 23, 24-28.
- 新川猛, 鈴木哲也, 尾関健, 三宅紀子, 倉田忠男. カキ果実のビタミンC含量の品種間差異および樹への非透水性マルチ処理によるビタミンC含量の向上. *園学研*. 2011, Vol. 10, 225-231.