カキ果実の発育・成熟過程における糖組成の変化と インベルターゼ活性との関連について

鄭 国華*・杉浦 明

京都大学農学部 606 京都市左京区北白川追分町

Changes in Sugar Composition in Relation to Invertase Activity in the Growth and Ripening
of Persimmon (*Diospyros kaki*) Fruits

Guo Hua ZHENG and Akira SUGIURA

Faculty of Agriculture, Kyoto University, Sakyo, Kyoto 606

Summary

The effect of extraction methods on sucrose degradation in persimmon fruits was examined and, using the most reliable method obtained, seasonal changes in sugar composition were measured and related to the changes in invertase activity with 6 cultivars. The results are summarized as follows.

1. Microwave irradiation of flesh tissue followed by methanol extraction effectively inhibited sucrose degradation during extraction and also one month after extraction. Hot alcohol extraction with heating resulted in some degradation during but not after extraction. Alcohol extraction at room temperature resulted in continuous degradation of sucrose during and after extraction.

2. Using methanol extraction method in combination with microwave irradiation, sugar composition was determined from June to harvest with fruit of cvs. Atago (A), Hana-gosho (HA), Hiratanenashi (HI), Kikuhira (K), Mikatani-gosho (M), and Nigoro-konashiba (N).

Sucrose content in all cultivars started to increase from August and the increase steadily continued and culminated at harvest with cvs. A, HA, and M, whereas it ceased in mid- or late September with cvs. HI, K, and N, their final contents at harvest being less than half that of the former 3 cultivars. Reducing sugars (glucose plus fructose) content in all cultivars began to increase from June on, continuing until harvest with cvs. HI, K, and N, while with cvs. A, HA, and M it ceased in mid-August, remaining at a low level until harvest.

3. Three fractions containing invertases were periodically prepared from acetone powder of flesh tissue of the above 6 cultivars. The buffer soluble fraction invertase extracted by a low ionic strength sodium phosphate buffer, which is thought to be free invertase, showed its activity in mid- or late July with predominantly reducing sugar-accumulating cultivars (HI, K, and N) with an abrupt increase from October, almost coincident with a rapid accumulation of reducing sugars. The activity with predominantly sucrose-accumulating cultivars (A, HA, and M), on the other hand, appeared in mid- to late September but not at a high level up to harvest.

The activity of NaCl soluble fraction invertase, thought to be ionically wall-bound, appeared from mid-July on, increasing toward harvest with predominantly reducing sugar-accumulating cultivars. The activity also appeared from August to September and increased rapidly in October with predominantly sucrose-accumulating cultivars, in spite of no accumulation of reduc-

1989年12月15日 受理

本報告の概要は昭和62年度園芸学会春季大会にて発表した。

*現在：北京農業大学園芸系 (Department of Horticulture, Beijing Agricultural University)

ing sugar during that period. The activity of insoluble fraction invertase, thought to be covalently wall-bound, was constantly low and did not differ much among cultivars examined.

These results suggest that free invertase is responsible for differential accumulation of sucrose and reducing sugar in persimmon fruits in the process of growth and ripening.

緒 言

カキ果実は有機酸含量が低く(10, 12), 光合成産物はほとんど糖の形で果肉組織に蓄積され(16), それが果実の食味品質を決める大きな要因をなしている。

カキ果実に蓄積する主要な糖は、従来、ブドウ糖と果糖であり、それらが全糖含量の大部分を占め、ショ糖は果実の発育～成熟期を通してごくわずかしが含まれていないとされてきた(10, 11)。ところが、最近、小宮山ら(13)は多量のショ糖をカキ成熟果実より検出し、従来の結果は糖の抽出方法に問題があったためではないかと指摘し、カキ果実の主要な糖成分は還元糖よりはむしろショ糖であろうとしている。実際、平井ら(8)はカキ 18 品種の成熟果実の糖組成をガスクロマトグラフィーにより測定してショ糖が品種により全糖の 0～59%の範囲で存在していることを報告している。

これらの報告をうけて筆者ら(20)はカキ果肉組織を電子レンジによって短時間加熱処理したあとアルコール抽出する方法によって糖を測定し、ショ糖を主に蓄積する品種から還元糖を主に蓄積する品種まであることを明らかにした。

一方、ショ糖の分解に関与する酵素としてはインベルターゼとスクロース・シンターゼが存在することが知られているが、カキ果実ではとくにインベルターゼが糖抽出時のショ糖の分解に関与しているのではないかと指摘されている(13)。また、カキ果実の貯蔵中や加工過程におけるショ糖の加水分解もインベルターゼによって引き起こされることが報告されている(9, 19)。しかしながら、果実の発育、成熟に伴う糖組成の変化とインベルターゼ活性との関係についてはまだ報告がみられない。

そこで本報告では、カキ果実の糖を抽出するに当たってインベルターゼを失活させる方法として有効であると考えられた電子レンジによる加熱前処理(20)を従来の抽出方法と比較検討するとともに、典型的なショ糖蓄積型品種と還元糖蓄積型品種について、果実の発育、成熟に伴う糖組成の変化とインベルターゼ活性との関連性を調べた。

材料及び方法

1. 供試材料

筆者ら(20)がさきに明らかにしたショ糖蓄積型品種

‘愛宕’、‘花御所’、‘三ヶ谷御所’及び‘四ツ谷西条’と、還元糖蓄積型品種‘平核無’、‘菊平’及び‘荷頃子成場’の計 7 品種について京都大学農学部附属京都農場植栽の成木を用いて実験を行った。‘四ツ谷西条’を除く 6 品種について 1986 年 6 月初めより 11 月末まで 1～2 週間間隔でそれぞれ 10 果ずつ採取して糖組成とインベルターゼ活性の測定に供した。ただし、インベルターゼ活性の測定は 7 月中旬以降の試料について行った。なお、‘四ツ谷西条’は糖の抽出方法を検討するのに用いた。

2. 糖の抽出及び測定

カキ果実のショ糖は破砕抽出する際にインベルターゼによって加水分解する可能性が指摘されているので、まず、抽出方法の検討を行った。9 月 30 日に‘四ツ谷西条’果実を採取して果皮及び果心部組織を取り除いて細切し、果肉 10 g を秤取して次の 3 処理を施した。a) 直ちに 80%メタノール液に浸漬(無加熱)。b) 沸騰中の 80%メタノール液に投入して、さらに 15 分間煮沸(煮沸加熱)。c) ガラス容器に入れて出力 610 W のマイクロ波(発振周波数 2450 MHz)加熱器(電子レンジ)で 1～2 分間加熱後、直ちに常温の 80%メタノール液を注入した(電子レンジ加熱)。抽出は、無加熱のものは直ちに、煮沸及び電子レンジ加熱のものは室温まで放冷後ポリトロンで磨砕して、さらに 1 晩室温で静置することによって行った。この抽出液をろ過後 100 ml 定容として室温条件下に放置し、0 日目(1 晩の抽出終了日)、10 日目、20 日目及び 30 日目にその糖組成を測定した。

糖の測定は、各抽出液 100 μ l をバイアル瓶に取り、蒸発乾固させた後、市販の TMS 化剤(ヘキサメチルジシラザンとトリメチルクロロシランの無水ビリジン混液 西尾工業 K. K. 製) 100 μ l を加え、60℃で 1 時間反応させてガスクロマトグラフィーにより行った(18)。なお、内標準としてペンタエリスリトールを用いた。ガスクロマトグラフは島津 GC-8 A を使い、以下の条件で分析した。カラム: SE-52 3%, 60～80 メッシュ, 3 mm×2.0 m ガラスカラム; 分析温度: 125～250℃, 5℃/min の昇温; キャリアガス: N₂ 60 ml/min; 検出器: 水素イオン化検出器(FID); 注入口と検出器温度: 250℃。

3. 酵素液調整及びインペルターゼ活性測定

酵素液の調整は果実採取日ごとに作成したアセトンパウダーについて第1図に示した手順に従って行い、緩衝液可溶性分画(Fr I), NaCl 可溶性分画(Fr II)及び不溶性分画(Fr III)の3分画を得た。これら各分画に含まれるインペルターゼは Faye と Ghorbel(3, 4)が報告しているところによれば、それぞれ細胞質中に遊離の状態が存在しているもの、細胞壁とイオン結合して存在しているもの、及び細胞壁と共有結合して存在しているものであると考えられる。

インペルターゼ活性の測定は、緩衝液可溶性及び NaCl 可溶性分画については抽出液 2~200 μ l に 0.1 M 酢酸ナトリウム緩衝液 (pH 5.0) 0.5 ml と 0.2 m M ショ糖液 0.3~0.5 ml 加えたものを反応液とし、不溶性分画については全量を 0.1 M 酢酸ナトリウム緩衝液 (pH 5.0) 4 ml に溶かし、それに 0.2 m M ショ糖液 1 ml を加えたものを反応液とし、それぞれ 40°C で 30 分間反応させ、生成した還元糖をソモギー・ネルソン法で定量して行った。なお、NaCl による抽出濃度を 4%, インペルターゼ測定の反応液の pH を 5.0 としたが、これらは予備実験においてそれぞれ最適濃度、至適 pH であることを確認した上で使用したものである。また、緩衝液及び NaCl 可溶性分画のタンパク質含量は Lowry らの方法(15)によって測定し、酵素活性を μ mol/mg/protein/min で

表わした。一方、不溶性分画のタンパク質含量は測定できなかったため、酵素活性を μ mol/g fresh weight/30 min で表わした。糖組成及びインペルターゼ活性の測定はいずれも 3 反復とした。

実験結果

1. 糖の抽出法の検討

3 通りの抽出法により抽出された試料の糖組成の測定結果は第2図に示すとおりである。電子レンジによる加熱前処理をした試料は、抽出中及び抽出液の放置中の 30 日間にも糖組成が変化することなく、一定の値を保った。それに対して、加熱処理せず抽出した試料は抽出中にすでにショ糖から還元糖への加水分解が起こっており、抽出液の放置中にも分解は継続し、30 日後にはショ糖は完全に加水分解されていた。一方、熱メタノールで煮沸抽出した試料は、抽出液を放置している間には糖組成の変化はほとんどみられなかったものの、15 分間の加熱抽出過程ですでにかなりのショ糖の分解が起こっていた。これらのことより、電子レンジによる加熱前処理は抽出過程におけるショ糖の加水分解を有効に抑えた上、抽出液の保存中も糖組成を安定に保ち、カキ果実の糖組成分析には最も適した方法であることが明らかとなった。従って、本実験では以後この方法を採用して経時的な糖組成の変化を測定することにした。

Fig. 1. The procedure for extraction and fractionation of invertases in persimmon fruits.

Fig. 2. Effect of extraction methods on sucrose degradation during and after extraction of 'Yotsuya Saijo' fruits. ●, ○ Microwave irradiation followed by non-heated alcohol extraction. ▲, △ Hot alcohol with heating. ■, □ Non-heated alcohol. Solid symbols indicate sucrose contents and open symbols the contents of reducing sugars.

2. 糖組成の発育、成熟に伴う変化

供試 6 品種の果実の発育、成熟に伴うショ糖及び還元糖(ブドウ糖+果糖)含量の変化をそれぞれ第 3, 4 図に示した。なお、カキ果実にはクロマトグラムの保持時間から判断してこれらの糖以外に微量のソルビトールとイノシトールが検出された。

いずれの品種も 8 月初旬頃まではショ糖は低い値でほとんど変化せず、還元糖のみ増加傾向がみられた。8 月中旬以降すべての品種でショ糖の増加がみられ、‘愛宕’、‘花御所’、‘三ヶ谷御所’では成熟期まで増大し

Fig. 3. Seasonal changes in sucrose contents in the fruit of 6 persimmon cultivars. Bars indicate standard errors.

Fig. 4. Seasonal changes in reducing sugar contents in the fruit of 6 persimmon cultivars. Bars indicate standard errors.

続け、とくに早生品種の‘三ヶ谷御所’では増加速度が急であった。それに対して、‘平核無’、‘菊平’、‘荷頃子成場’では 9 月中・下旬頃にショ糖の増加は止まり、成熟期には前記 3 品種の半量あるいはそれ以下の値にとどまった。

一方、還元糖は‘平核無’、‘菊平’、‘荷頃子成場’では成熟期まで増加傾向を示し、最終的に高い含量になったのに対して、‘愛宕’、‘花御所’、‘三ヶ谷御所’では 8 月中旬以降増加が止まり、成熟期まで低いレベルで推移した。なお、いずれの品種でも還元糖のうちブドウ糖が常に果糖含量を上回っていたが、成熟期が近づくにつれて両者はほぼ近い値を示すようになった。

3. インペルターゼ活性の発育、成熟に伴う変化

果実の発育、成熟に伴うインペルターゼ活性の変化を第 5, 6, 7 図に示した。

まず、緩衝液可溶性分画(Fr I)の活性をみると、還元糖蓄積型品種(‘平核無’、‘菊平’、‘荷頃子成場’)とショ糖蓄積型品種(‘愛宕’、‘花御所’、‘三ヶ谷御所’)との間でその活性の消長に大きな差異が認められた(第 5 図)。すなわち、ショ糖蓄積型品種では 9 月中・下旬までは活性が認められず、また、その後も収穫期まで低い値であったのに対して、還元糖蓄積型品種では 7 月中・下旬より活性が認められるようになり、10 月以後その活性は急激に高まった。還元糖蓄積型品種で活性が認められるようになった時期はそれらの品種で還元糖が増加する時期と一致しており、また、その後の活性の増大も還元糖の急速な増加期間とほぼ一致していた。

次に、NaCl 可溶性分画(Fr II)の活性についてみると、この分画も還元糖蓄積型品種では早い時期から活性が認められ、また、いずれの時期においてもショ糖蓄積型品種よりも高い活性を示した(第 6 図)。しかし、この分画はショ糖蓄積型品種でも成熟期に入った 10 月以降急速に高い活性を示すようになり、最終的には還元糖蓄積型品種と変わらないぐらいの活性を示した。なお、この分画は緩衝液可溶性分画に比べて高い活性を示した。

不溶性分画(Fr III)は還元糖蓄積型品種では 7 月から、ショ糖蓄積型品種では 8 月から、それぞれ活性が認められたが、その活性はいずれの品種でも極めて低く、その後の活性の増加もごくわずかであった(第 7 図)。

考 察

小宮山ら(13)はカキ果肉組織を蒸留水とともに破碎すると、組織中の高いインペルターゼ活性によってショ

Fig. 5. Seasonal changes in buffer soluble invertase activity in the fruit of 6 persimmon cultivars. Bars indicate standard errors.

Fig. 6. Seasonal changes in NaCl soluble invertase activity in the fruit of 6 persimmon cultivars. Bars indicate standard errors.

糖が短時間(20分)のうちにほぼ完全に加水分解されることを認め、従来のカキ果実の糖組成に関する報告においてショ糖含量が低くなっているのは、その抽出操作に問題があったのではないかと指摘している。本実験においてもその事実が確かめられ、糖抽出段階でショ糖分解酵素であるインペルターゼをすばやく失活させておく必要があり、そのためには果肉組織を電子レンジによって短時間加熱前処理をするのが極めて有効であることが認められた。

Fig. 7. Seasonal changes in insoluble invertase activity in the fruit of 6 persimmon cultivars. Bars indicate standard errors.

普通、果実の糖を抽出するのにメタノールあるいはエタノールなどの溶媒が用いられるが、溶媒抽出によって酵素が失活するのではないかという判断が多分に働き、抽出段階や抽出液の保存中にショ糖の分解が起こることなどは一顧だにされなかったというのが実情であったのではないと思われる。ところが第2図で明らかに、常温のアルコール抽出では抽出中および抽出液の保存中にもショ糖の分解は着実に進んでおり、1か月も放置しておけばショ糖はほとんど完全に分解されてしまう。本実験では80%メタノール抽出としたが、100%メタノールやエタノールでも傾向においては差はなく、分解速度に多少の遅速がある程度に過ぎなかった。また、アルコールの熱抽出においても試料の投入により温度が一時的に下がったり、酵素の失活が起こる温度に達するまでに時間がかかったりすると、その間にもショ糖の分解が起こることが考えられ、不用意な熱抽出の操作ではかえってショ糖の分解が促されるおそれがあるものと思われる。このようなことから、果肉組織に電子レンジによってきわめて短時間に高熱を与えて酵素を失活させておいてからアルコール抽出するのが、ショ糖の分解のおそれのない最善の方法であると考えられた。

以上の検討結果に基づき、電子レンジによる加熱前処理法によって6品種の糖組成の経時的変化を調べたところ、一定の傾向が認められたので、果実内のほぼ正確な糖組成を示しているものと思われる。

いずれの品種でも還元糖は6~7月頃から蓄積が進行したが、ショ糖は8月以降急速な蓄積を示した。また、還元糖蓄積型品種では8月以降も還元糖は増加し、成熟期に最大値を示したが、ショ糖蓄積型品種では8月以降蓄積が止まり、そのまま低い値で推移した。一

方、ショ糖含量はショ糖蓄積型品種では成熟期まで増加を続けたが、還元糖蓄積型品種では9月中・下旬より増加速度が鈍り、成熟期にはショ糖蓄積型品種の半分あるいはそれ以下の含量であった。

そこで、このように対照的な糖組成の蓄積パターンを示す品種間でインベルターゼ活性に相違がないかどうかを調べた。

一般に高等植物の多くは可溶性インベルターゼと結合型インベルターゼを有し(2, 3, 4, 7, 17), 前者は低イオン強度の緩衝液でも簡単に抽出できるが、後者は細胞壁と結合しているため(3, 4), 抽出緩衝液のイオン強度を高めたりしなければ抽出できない(14)。また、そのいずれもショ糖の蓄積や代謝に重要な役割を演じていることが報告されている(2, 5, 6, 7)。本実験でもその点を考慮して抽出分画別にインベルターゼ活性を測定した。その結果、カキ果肉組織にも細胞質中に存在していると思われる緩衝液可溶性インベルターゼ(Fr I)と、細胞壁にイオン結合していると思われるNaCl可溶性インベルターゼ(Fr II)の両者が高い活性で存在していることが確かめられた。前者は還元糖蓄積型品種においてのみ高い活性を示し、しかも、ショ糖蓄積が鈍化した時期と一致していたことから、ブドウ(1, 8)やナツメヤシ(6)、レイシ(5)などと同様、糖蓄積過程におけるショ糖の加水分解に関与しているものと推察された。他方、後者はショ糖蓄積型品種にも高い活性が認められたが、それらの品種では果実発育の中期以降(8月上旬以降)ほとんど還元糖の増加が認められなかったことから、ショ糖の分解には全く関与していないものと推察される。NaCl可溶性インベルターゼのこのような高い活性が、果実の発育や糖蓄積とどのようなかわりを持っているかについては今後の研究に待たなければならない。なお、細胞壁と共有結合していると思われる不溶性インベルターゼは果実発育、成熟の期間を通して低い活性しか認められず、糖蓄積には重要な役割は果たしていないようであった。

摘 要

カキ果実から糖を抽出するに際して抽出条件がショ糖の分解に及ぼす影響を検討し、得られた最も安定した抽出方法により6品種のカキについて糖組成を経時的に測定するとともに、その糖組成の変化と果実中インベルターゼ活性との関係について調査した。

1. 抽出前の果肉組織をマイクロ波加熱器(電子レンジ)にかけて短時間加熱処理したのち、アルコール抽出すれば果肉内のショ糖は抽出中も抽出後も分解せずそ

の含量が安定に保たれた。それに対して、熱アルコール抽出では抽出中にショ糖がいくらか分解するおそれがあり、また、単なる常温アルコールでの抽出では抽出中も抽出後もショ糖の分解が進行した。

2. 以上のことから、電子レンジで加熱前処理したのちアルコール抽出する方法により、‘愛宕’、‘花御所’、‘平核無’、‘菊平’、‘三ヶ谷御所’、‘荷頃子成場’の6品種の果実について6月以降成熟期まで糖組成を調べた。その結果、いずれの品種でも8月以降ショ糖含量が増え、‘愛宕’、‘花御所’及び‘三ヶ谷御所’の3品種では成熟期まで増加が続いたのに対して、‘平核無’、‘菊平’及び‘荷頃子成場’の3品種では9月中下旬に増加が止まり、成熟期には前3者の半量あるいはそれ以下の含量となった。一方、還元糖(ブドウ糖+果糖)は6月以降いずれの品種でも増加し、‘平核無’、‘菊平’及び‘荷頃子成場’では成熟期まで増加したのに対して、‘愛宕’、‘花御所’及び‘三ヶ谷御所’の3品種では8月上旬以降増加が止まり、成熟期まで低い値で推移した。

3. 上記6品種の果実について7月から成熟期まで果肉のアセトンパウダーから抽出した3分画のインベルターゼ活性を測定し、糖組成の変化との関係を調べた。緩衝液可溶性分画のインベルターゼ(遊離型)活性は還元糖蓄積型品種(‘平核無’、‘菊平’、‘荷頃子成場’)では7月中下旬頃より活性が認められ、10月以降急激に活性が高まったが、この時期は還元糖の急増期とはば一致していた。それに対して、ショ糖蓄積型品種(‘愛宕’、‘花御所’、‘三ヶ谷御所’)では9月中下旬になって活性が認められるようになったが、その活性は低かった。NaCl可溶性分画のインベルターゼ(細胞壁イオン結合型)活性は還元糖蓄積型品種では7月中頃より活性が認められ、成熟期にかけて高い活性を示した。他方、ショ糖蓄積型品種では8月~9月頃より活性があらわれ、還元糖の蓄積がほとんど認められない時期にもかかわらず、極めて高い活性を示した。なお、不溶性分画のインベルターゼ活性は低く、糖組成との関係はみられなかった。

引用文献

1. ARNOLD, W. N. 1965. β -fructofuranosidase from grape berries. *Biochim. Biophys. Acta.* 110: 134-147.
2. ESCHRICH, W. 1980. Free space invertase, its possible role in phloem unloading. *Ber. Deutsch. Bot. Ges.* 33: 363-378.
3. FAYE, L. and A. GHORBEL. 1983. Studies on β

- fructosidase from radish seedlings. II. Biochemical and immunocytochemical evidence for cell wall-bound forms *in vivo*. Plant Sci. Lett. 29:33-48.
4. FAYE, L. and A. GHORBEL. 1983. Studies on β -fructosidase from radish seedlings. III. Comparative studies on soluble and wall-bound forms. Plant Sci. Lett. 29:49-60.
5. HARVEY, T., J. R. CHAN, C. M. S. KWOK and W. O. C. LEE. 1975. Sugar composition and invertase activity in lychee. J. Food Sci. 40:772-773.
6. HASEGAWA, S. and D. C. SMOLENSKY. 1970. Date invertase: Properties and activity associated with maturation and quality. J. Agr. Food Chem. 18:902-904.
7. HAWKER, J. S. 1969. Changes in the activities of enzymes concerned with sugar metabolism during the development of grape berries. Phytochem. 8:9-17.
8. 平井俊次・山崎喜美江. 1984. ガスクロマトグラフィーによる甘柿, 渋柿の糖組成の研究. 日食工誌. 31:24-30.
9. 平井俊次・六波羅明香・清水純夫. 1986. カキ果実の成熟, 貯蔵及び加工中のインベルターゼ活性の変化. 日食工誌. 33:369-374.
10. 稲葉昭次・傍島善次・石田雅士. 1971. カキ果実中の主要成分の季節的变化. 京都府大報・農. 23:24-28.
11. ITO, S. 1971. The persimmon. p. 281-301. In: A. C. HULME(ed.). The biochemistry of fruits and their products. Vol.2. Academic Press, London.
12. 岩田 隆・中川勝也・緒方邦安. 1969. 果実の収穫後における成熟現象と呼吸型の関係. (第1報). カキ果実における呼吸の climacteric の有無. 園学雑. 38:194-201.
13. 小宮山美弘・原川 守・辻 政雄. 1981. カキ果実の糖組成とインベルターゼについて. 園学要旨. 昭56春:430-431.
14. LITTLE, G. and J. EDELMAN. 1973. Solubility of plant invertase. Phytochem. 12:67-71.
15. LOWRY, O. H., N. J. ROSEBROUGH, A. L. FARR and R. J. RANDALL. 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent J. Biol. Chem. 193:265-275.
16. 傍島善次・石田雅士・稲葉昭次・増井敬治. 1976. カキ果実の発育に関する研究. III. 同化物質の転流ならびに蓄積について. 京都府大報・農. 28:18-23.
17. STRAUS, J. 1962. Invertase in cell walls of plant tissue culture. Phytochem. 12:67-71.
18. SWEELEY, C. C., R. BENTLEY, M. MAKITA and W. W. WELLS. 1963. Gas-liquid chromatography of trimethylsilyl derivatives of sugars and their related substances. J. Amer. Chem. Soc. 85:2497-2499.
19. 辻 政雄・小宮山美弘. 1987. カキ果実のインベルターゼ活性と糖組成の関係. 日食工誌. 34:425-431.
20. 鄭 国華・杉浦 明・茗名 孝. 1985. カキ果実の発育ならびに成熟に伴う糖組成の変化. 園学要旨. 昭60秋:124-125.