

果実の加工処理に伴う糖含量・組成の変化

平井俊次・千 裕美・近藤民恵・川俣幸一

The Changes of Sugar Content and Composition

by Processing of Various Fruits

Shunji HIRAI, Hiromi SEN, Tamie KONDO and Koichi KAWAMATA

Summary : Using 11 types of representative fruits of those cultivated in Iida City and the Shimoina district region of Nagano Prefecture, changes in sugar content and composition were studied using heat treatments as a catalyst. These experiments produced the following results.

1. A high degree of experiment reproducibility and stability using fruits heated in a microwave oven was obtained. It was noted that microwave induced heating could inactivate various enzymes, which could prevent the fruit's glyco-components from transforming. Sugar content and composition in our raw test fruit was however changed largely by enzyme action during their analysis and processing. Fruit boiled in water gave rise to elution of the fruit's sugar.

2. Large differences of 8%-28% of total sugar quantities appeared in our test fruits depending on fruits type, type of harvest, etc. These spontaneous fluctuations of glucose, fructose and sucrose in our selected raw fruits gave a good indication enzyme action within biochemical metabolic mechanisms such as monosaccharides (fructose and glucose) and disaccharides (sucrose, etc...) \Leftrightarrow starch and glycosides.

3. Sorbitol was detected in 5 kinds of Rosaceae plants including Apples, Japanese plums, Japanese pears, Peaches and Prunes. Sorbitol contents per 100 grams of these fruits are shown below. Ratios of sorbitol occupied for total sugars described in parentheses; Apples 0.50g (4.0%), Japanese plums 2.47g (16.0%), Japanese pears 2.48g (17.8%), Peaches 3.12g (31.1%) and Prunes 4.38g (25.0%). These sorbitol fluctuations are likely due to enzyme reactions such as aldose reductase and iditol-2-dehydrogenase. These two enzymes promote the following reactions reversibility; Sorbitol \Leftrightarrow Glucose and Sorbitol \Leftrightarrow Fructose, respectively.

4. Fruits tested in this study were categorized into four groups by sugar compositions. The first being the sucrose type (the sucrose occupied the majority of the sugar's composition; Nectarines, Japanese apricots, and Japanese persimmons). The second group was the sucrose-sorbitol group (the sucrose occupied in the mostly with containing the sorbitol; Prunes, Peaches, and Japanese plums). A third group was the fructose type (where fructose occupied the majority of the fruits sugar composition; Blueberries, Grapes, Blackberries, and Japanese persimmons). A final group was fructose-sorbitol (where fructose occupied in the mostly with containing the sorbitol; Apples and Japanese pears).

5. Sucrose quantity in our raw test fruits during analysis and processing tended to increase in Nectarines, Japanese apricots, Prunes, and Japanese plums, and to decrease

in Apples, Blueberries, Japanese pears, Blackberries and Japanese persimmons. There exist two possible causes for these fluctuations. One is the enzymatic action caused by increased sucrose compounds like sucrose-phosphate synthase and sucrose phosphatase. The other is β -fructofuranosidase and α -glucosidase in relation to evidence of decreasing sucrose.

Key words：果実 (fruits), 糖含量 (sugar content), 糖組成 (sugar composition), 糖の代謝 (metabolism of sugar), 加工処理 (processing)

果実に含まれる糖成分は、果実に甘味を与え、栄養や嗜好性を高める観点から大切な成分である。また、果実にはこれらの糖含量・組成に大きな影響を与えるスクロースリン酸シンターゼ、スクロースホスファターゼ、 β -フルクトフラノシダーゼや α -グルコシダーゼなどの多様な酵素が含まれている。そのため、この糖の含量・組成は、果実の加工や調理操作により影響を受けやすい。特に、果実の加工時に酵素の不活性化、肉締め、アク抜きなどの目的で行われる湯通しなどの加熱処理は、果実中の糖含量・組成に与える影響が大きいと思われ、果実の栄養・嗜好価値を保持する観点から重要な課題である。しかし、現状では、これらに関する詳しい資料が少なく、食品を利用する立場から大変都合が悪いことである。そこで、筆者らは、長野県の飯田市と下伊那郡地域で生産されている代表的な果実11種類(12品種)について、湯煮、電子レンジによる加熱処理に伴う糖含量および糖成分(糖組成)の変化を、酵素反応との関連性から検討した。本研究は、別に報告する「加熱処理が果実のポリフェノール化合物に与える影響」と関連性をもって研究されたものである。その結果、多くの知見が得られたので、ここに報告する。

実験方法

1. 材料

実験材料は、長野県飯田・下伊那地域で栽培されているネクタリン(レッドスター)、ブルーベリー(ブルーレイ)、リンゴ(津軽)、ウメ(吉村)、ナシ(愛甘水)、ブラックベリー

(一)、モモ(あかつき)、スモモ(ソルダム)、ブドウ(巨峰)、プルーン(ツアー)、カキ(甘ガキ：次郎、渋ガキ：市田柿)、の11種類(12品種)を用いた。これらの果実は、8月(渋カキは、8、11月の2回)に収穫し、洗浄後、直ちに実験に供した。なお、括弧内は、品種名である。

2. 実験操作法

(1) 前処理

まず、生果実を洗浄後、剥皮しないで、除芯、除核した。この果実を生果の状態で行分析に供するほか、電子レンジ(1.12kw, 発振周波数：2450MHz, 120秒間)と湯通し(沸騰120秒間)の2通りの方法で加熱処理を施してから次の磨砕・抽出・ろ過・希釈操作を行った。この生果実と、2通りの方法で加熱処理した後の果実(以下、電子レンジ加熱果実、湯通し加熱果実とする)の2試料、あわせて3試料を作成し、高速液体クロマトグラフ(以下、HPLCとする)の分析試料とした。

(2) 磨砕・抽出・ろ過・希釈操作

前処理を施した各果実を10g採取し、水80mlを用いて、ミルサーで磨砕・抽出後、100mlに希釈したものをろ過した。さらに、マイクロピペット、ディスポーサブルフィルターなどを用いて、開放状態を極力避け、かつ、短時間に再ろ過し、HPLCの分析に供した。

3. HPLCの条件

HPLCは、検出器(Refractive index detector RID-6A)、カラムオープン(CTO-6A)、オートインジェクター(SIL-9A)およびクロマトパック(C-R5A)を装備した島津LC-10AT型を用いた。カラムは、Shim-pack SCR-101

N ($\phi 7.9 \times 30$ mm) を用いた。また、カラム温度は 40°C とし、移動相は水 100%，流速 $0.8\text{ml}/\text{min}$ で測定した。

4. 標 品

HPLC の標品には、市販のスクロース、D-グルコース、D-フルクトース、D-ソルビトールの特級試薬を用いた。

実験結果および考察

長野県飯田市および下伊那郡地域で生産されている果実 12 品種（8 月期，また渋ガキについては，8 月期，11 月期の 2 回）の糖成分の組成・含量について，それらを生果実のままを用いた場合と，湯煮や電子レンジなどの加熱処理を施した後の果実の場合とを比較検討した。

1. 果実内の酵素の不活性化

まず，果実の加工時に生ずる酵素反応や糖

成分（組成）の変化を把握するために，果実内酵素の作用を阻止し，加工処理前の生果実中の糖の含量・組成を推定した。そこで，典型的な例としてナシの生果実，電子レンジ加熱後の果実，湯煮加熱後の果実を用いて，前述の分析方法に従って分析して得られた HPLC を Fig.1 に示した。また，電子レンジ加熱処理による酵素の不活性化を示す例として渋ガキの生果実および電子レンジ加熱後の果実を用いて得られた HPLC を Fig.2 に示した。さらに，Fig.1 と同様の方法で，全実験試料について分析して得た各果実の糖含量・組成を Table 1, 2, 6 に示した。各果実の糖含量・組成は，果実の種類により，また，前処理の仕方によりかなり異なった。これは，果実に含まれる酵素の種類やその活性の強さ（至適条件の違い），さらには，酵素の不活性化の有無などにより影響を受けたものと推察され

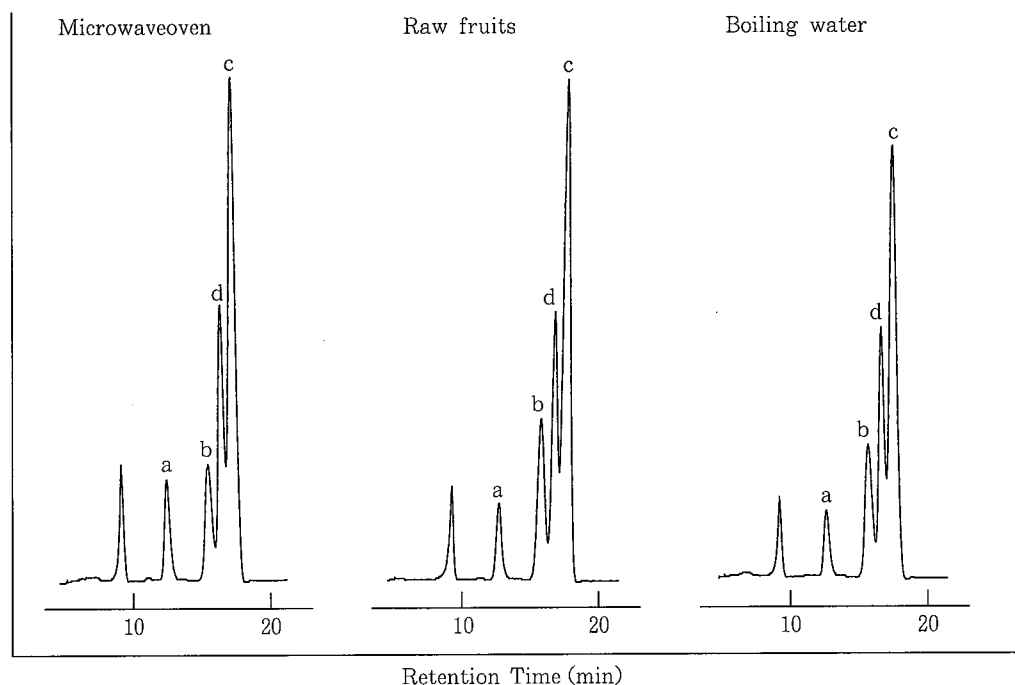


Fig.1 High-performance liquid chromatograms of glycocomponent in Japanese pears. Symbols in the figure are as follows. a: Sucrose b: Glucose c: Fructose d: Sorbitol The high-performance liquid chromatograph equipment was constituted of a Shimadzu LC-6AD pump, and differential refractometer (RID-6A). The peak retention times and areas were determined with a Shimadzu C-R5A chromatopac.

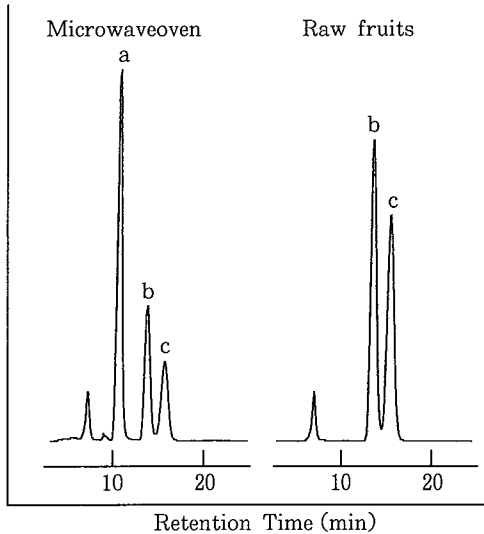


Fig.2 High-performance liquid chromatograms of glycocomponent in Japanese persimmon fruits. Experiments was done under the all equal condition to Fig.1.

Alphabet (a-c) are the same expression as Fig.1.

た。

そこで、これらの結果と筆者らが今までに報告してきたカキなどの果実中のインベルターゼや糖成分に関する研究結果¹⁻¹⁹⁾とを併せて検討した。その結果、Fig.2に示したように電子レンジを用いて加熱処理を施すことで果実中の種々酵素を不活性化でき、糖成分の変化を阻止して、再現性・安定性の高い分析データが得られることが確認された。そして、電子レンジ加熱果実の糖含量・組成は、加工および分析前の生果実中の糖含量・糖組成に最も近い値を示すものと考えた。そこで、この電子レンジ加熱果実のデータを基準に、生果実や湯煮処理などの加工中における果実の糖含量・組成の変化を検討した。なお、Table 1, 2, 6の糖の含量表示は、皮付き果実100gあたりの各糖成分の含量(g)として示し、括弧内にその組成比(%)を示した。また、加熱処理を施したものについては、処理中の乾燥歩留などを考慮し、生果実の重量に換算した

値として示した。

2. 電子レンジ加熱果実の糖含量・組成

前述したごとく、本研究で比較基準となる電子レンジ加熱後の果実100gあたりの糖含量とその組成比をTable 1に示した。これらの結果から各果実に次のような特徴が見られた。

(1) 総糖量は、ブドウ28.09g、プルーン17.55g、ブラックベリー15.63g、スモモ15.39g、ナシ13.95g、ブルーベリー13.71g、リンゴ12.49g、ネクタリン10.16g、モモ10.04g、ウメ9.86g、甘ガキ8月期8.66g、渋ガキ8月期8.39g、11月期20.72gで、果実により約8%~28%もの大きな差がみられた。さらに、果実の品種、収穫時期、栽培方法などによって大きく異なるものと推察された。

(2) スクロース含量は、ウメ9.86g(糖組成比100%、以下糖組成比を略す)、プルーン8.38g(47.7%)、モモ6.72g(66.9%)、スモモ6.43g(41.8%)、ネクタリン5.74g(56.5%)、甘ガキ8月期4.29g(49.5%)、渋ガキ8月期2.26g(26.9%)、11月期4.47g(21.6%)、ナシ2.68g(19.2%)、リンゴ2.38g(19.1%)、ブラックベリー1.99g(12.7%)、ブドウ1.73g(6.2%)、ブルーベリー1.14g(8.3%)であった。このようにスクロース含量は、果実100gあたりブルーベリーの1.14gからウメの9.86gまで、大きな差が見られた。また、果実の甘味の質に影響を与えると思われる組成比に関しては、果実の種類により、さらに大きな違いが認められた。特に、ウメでは、糖組成に占めるスクロースの割合が100%と、スクロース以外の糖が全く検出されなかった。また、モモ67%、プルーン、ネクタリン、甘ガキ8月期が約50%前後で、次いでスモモが42%、その他は、20%以下のスクロースの組成比であった。

(3) フルクトース含量は、渋ガキ8月期3.14g(37.4%)、11月期10.03g(48.41%)、甘ガキ8月期1.26g(14.5%)、ブドウ18.51g(65.9%)、ブラックベリー9.46g(60.5%)、ブルーベリー

Table1 Content and composition of the sugar of the fruits (g/100g fruits) and the composition ratio of each glycomponent (%) in heat treatment by microwaveoven.

Fruits (Harvest time)	Sugars				
	Sucrose	Glucose	Fructose	Sorbitol	Total sugar
Apples (8)	2.38 (19.1)	2.06 (16.5)	7.55 (60.4)	0.50 (4.0)	12.49
Blueberries	1.14 (8.3)	3.64 (26.5)	8.93 (65.1)	0	13.71
Grapes	1.73 (6.2)	7.85 (27.9)	18.51 (65.9)	0	28.09
Japanese pears	2.68 (19.2)	2.12 (15.2)	6.67 (7.8)	2.48 (17.8)	13.95
Nectarines	5.74 (56.5)	3.14 (30.9)	1.28 (12.6)	0	10.16
Peaches	6.72 (66.9)	0.10 (1.0)	0.10 (1.0)	3.12 (31.1)	10.04
Japanese apricots	9.86 (100)	0	0	0	9.86
Prunes	8.38 (47.7)	4.47 (25.5)	0.32 (1.8)	4.38 (25.0)	17.55
Blackberries	1.99 (12.7)	4.18 (26.7)	9.46 (60.5)	0	15.63
Japanese plums	6.43 (41.8)	3.99 (25.9)	2.50 (16.2)	2.47 (16.0)	15.39
Japanese persimmons (8) (Nonastrigent)	4.29 (49.5)	3.11 (35.9)	1.26 (14.5)	0	8.66
Japanese persimmons (8) (Astringent)	2.26 (26.9)	2.99 (35.6)	3.14 (37.4)	0	8.39
Japanese persimmons (11) (Astringent)	4.47 (21.6)	6.22 (30.0)	10.03 (48.4)	0	20.72

These values were obtained by the high-performance liquid chromatographic method. This measurement was carried out using Shimadzu LC-10AT type which was equipped with detector (Refractive index detector, RID-6AV) and Shim-pack SCR-101N column ($\phi 7.9 \times 300$ mm). The measured temperature was 40°C, and the mobile phase was used to disiled water at a rate of 0.8ml/min. Varieties of each fruit are as follows. Specific name: Apples (Tsugaru, Fuji), Blueberries (Blue-ray), Grapes (Kyoho), Japanese pears (Aikansui), Nectarines (Redstar), Peaches (Akatsuki), Jpanese apricots (Yoshimura), Prunes (Czar), Blackberries (—), Japanese plums (Sorudam), Japanese persimmons: nonastrigent (Jiro), astrigent (Ichida). And, the composition ratio of each glycomponent in various fruits was shown within parenthesis.

8.93g (65.1%), リンゴ7.55g (60.4%), ナシ 6.67g (47.8%), スモモ2.50g (16.2%), ネクタリン1.28g (12.6%), プルーン0.32g (1.8%), モモ0.10g (1.0%). なお, ウメには, フルクトースが検出されなかった.

(4) グルコース含量は, ブドウ7.85g (27.9%), プルーン4.47g (25.5%), ブラックベリー 4.18g (26.7%), スモモ3.99g (25.9%), 渋カキ 8 月期2.99g (35.6%), 11月期6.22g (30.02%), 甘ガキ 8 月期3.11g (35.9%), ブルーベリー3.64g (26.5%), ネクタリン3.14g (30.9%), ナシ2.12g (15.2%), リンゴ2.06g (16.5%), モモ0.10g (1.0%), ウメには含まれなかった.

(5) ソルビトール含量は, プルーン4.38g

(25.0%), モモ3.12g (31.1%), ナシ2.48g (17.8%), スモモ2.47g (16.0%), リンゴ0.50g (4.0%) の 5 種類のバラ科の果実のみに検出された.

以上, 果実ごとの糖組成の特徴をまとめると, 次の①～④の 4 タイプに分類された.

①スクロース型 (スクロースが糖 組成の主体を成す: ネクタリン, ウメ, カキ). ②スクロース・ソルビトール型 (スクロースが糖組成の主体を成し, また, ソルビトールを含む: プルーン, モモ, スモモ). ③フルクトース型 (フルクトースが糖組成の主体を成す: ブルーベリー, ブドウ, ブラックベリー, カキ). ④フルクトース・ソルビトール型 (フルクトースが糖組成の主体を成し, また, ソルビトール

ルを含む：リンゴ，ナシ）。

なお、渋ガキでは、筆者らが今までに多くの分析を行ってきたが、収穫適期の新鮮な果実では、スクロースが糖組成の約70%を占めるスクロース型であったが、今回は、少し異なる傾向を示した。これは、天候、熟度および栽培地などの影響によるものと推測されるが、本論では、スクロース型とフルクトース型の両方に併記した。

3. 生果実を用いた場合の糖含量と組成

生果実の糖含量・組成は、Table 2 に示したごとく、前述の電子レンジ加熱果実の場合とはかなり異なった。これは、生果実の場合、分析操作中に果実内の酵素の作用で糖成分が変化したためと推察した。各果実の糖含量・組成の変化には、次のような特徴が見られた。

(1) 総糖量は、電子レンジ加熱果実に対して生果実の方が増加したものと、減少したものの2通りの傾向が見られた。いわば生果実の方が増加した果実は、渋ガキ8月期、ウメ、ブラックベリー、ネクタリン、スモモの5種類、特に、渋ガキ8月期では、増加率が141.1%に

達した。また、ウメが130.8%、スモモ125.5%に増加した。一方、ブルーベリー、リンゴ、ナシ、甘ガキ8月期、渋ガキ11月期、ブドウでは、減少した。この減少は、渋ガキ11月期、ブルーベリーで顕著であった。このように、果実により相反する傾向が見られた。また、渋ガキでは、8月期と11月期とで、大きく異なった。これら糖の増減は、果実内における代謝機構【遊離糖（スクロース、フルクトース、グルコースなど）⇔デンプンやグリコシドなど】が、異なった方向に進んだものと推察した。なお、各糖成分の変化については、以下論述する。

(2) 生果実の主要な糖成分であるスクロースは、果実の種類により大きく変わった。生果実を用いた分析でスクロース含量の多いものは、ウメ12.90g(100%)、ネクタリン6.50g(60.0%)、モモ6.24g(66.8%)で、共に、糖組成の60%以上がスクロースであった。特に、ウメでは、含有糖すべてがスクロースで、電子レンジ加熱果実の場合と同様に、他の果実と異なり特異な組成を示した。また、プルー

Table 2 Content and composition of the sugar of the various raw fruits (g/100g fruits) and the composition ratio of each glycocomponent (%).

Fruits (Harvest time)	Sugars				
	Sucrose	Glucose	Fructose	Sorbitol	Total sugar
Apples (8)	2.14 (17.9)	1.97 (16.5)	7.42 (62.1)	0.42 (3.5)	11.95
Blueberries	1.11 (9.8)	3.02 (26.6)	7.23 (63.6)	0	11.36
Grapes	1.19 (4.2)	7.64 (27.2)	19.20 (68.5)	0	28.03
Japanese pears	2.42 (19.3)	5.10 (16.7)	6.11 (48.7)	1.92 (15.3)	12.55
Nectarines	6.59 (60.0)	3.39 (30.9)	1.00 (9.1)	0	10.98
Peaches	6.24 (66.8)	0.10 (1.1)	0.10 (1.1)	2.90 (31.0)	9.34
Japanese apricots	12.90 (100)	0	0	0	12.90
Prunes	9.08 (48.4)	4.75 (25.3)	0.21 (1.1)	4.73 (25.2)	18.77
Blackberries	1.60 (9.7)	4.16 (25.1)	10.81 (65.2)	0	16.57
Japanese plums	7.55 (39.1)	4.57 (23.7)	4.20 (21.7)	3.01 (15.6)	19.33
Japanese persimmons (8) (Nonstringent)	1.60 (17.3)	2.90 (31.3)	4.77 (51.5)	0	9.27
Japanese persimmons (8) (Astringent)	0	3.72 (31.4)	8.12 (68.6)	0	11.84
Japanese persimmons (11) (Astringent)	1.68 (9.6)	5.21 (29.8)	10.58 (60.6)	0	17.47

Experiment sample and measurement condition were explained in Table 1.

ン9.08g (48.4%), スモモが7.55g (39.1%), ナシ2.42g (19.3%), リンゴ2.14g (17.9%), 甘ガキ 8 月期1.60g (17.3%), ブルーベリー1.11g (9.8%), ブラックベリー1.60g (9.7%), ブドウ1.19g (4.2%), また、渋ガキ 8 月期0%, 渋ガキ11月期1.68g (9.6%)であった。

また、生果実と電子レンジ加熱果実の糖含量・組成の比較を Table 3, 4 に示した。リンゴ、ブルーベリー、ナシ、モモ、ブラックベリー、カキの生果実のスクロース含量は、電子レンジ加熱果実に比べて少なかった。一方、ネクタリン、ウメ、プルーン、スモモでは、電子レンジ加熱より生果実の方が多いなど、両者で対照的に状況を呈した。これらの違いは、生果実の加工時における糖含量・組成の変化を意味するものと推察した。前者におけるスクロースの減少は、インベルターゼ [β -フルクトフラノシダーゼ (EC3.2.1.26) + α -グルコシダーゼ (EC3.2.1.20)] などの酵素作用によりスクロースが分解してグルコース、フルクトースが生成したためと思われた。一

方、後者では、スクロースリン酸シンターゼ (EC2.4.1.14) やスクロースホスファターゼ (EC3.1.3.24) などの酵素の働きでスクロースが生成した可能性が高いと考えられた。特に、カキにおいてスクロース分解酵素が、また、ウメ、ネクタリンにおいてスクロースの合成酵素の働きが強いことが推察された。

(3) フルクトースは、渋ガキ 8 月期8.12g (68.6%), ブドウ19.20g (68.5%), ブラックベリー10.81g (65.2%), ブルーベリー7.23g (63.6%), 渋ガキ11月期10.58g (60.6%), リンゴ7.42g (62.1%)で、次いで、甘ガキ 8 月期4.77g (51.5%), ナシ6.11g (48.7%), スモモ4.20g (21.7%), ネクタリン1.00g (9.1%), プルーン0.21g (1.1%), モモ0.10g (1.1%)で、ウメには、フルクトースが検出されなかった。Table 4 に示した電子レンジ加熱果実に対する生果実のフルクトース量の比率は、甘ガキ 8 月期378.6%, 渋ガキ 8 月期258.6%, 11月期105.5%, スモモ168.0%, ブラックベリー 114.3%, ブドウ 103.7%, モモ100%といずれも100%以上を

Table3 The comparison of sugar content and composition between raw fruits and microwaveoven heat treatment fruits. (g/100g fruits)

Fruits (Harvest time)	Sugars				
	Sucrose	Glucose	Fructose	Sorbitol	Total sugar
Apples (8)	-0.24	-0.09	-0.13	-0.08	-0.54
Blueberries	-0.03	-0.62	-1.70		-2.35
Grapes	-0.54	-0.21	0.69		-0.06
Japanese pears	-0.26	-0.02	-0.56	-0.56	-1.40
Nectarines	-0.85	0.25	-0.28		0.82
Peaches	-0.48	0	0	-0.22	-0.70
Japanese apricots	3.04				3.04
Prunes	0.70	0.28	-0.11	0.35	1.22
Blakberries	-0.39	-0.02	1.35		0.94
Japanese plums	1.12	0.58	1.70	0.54	3.94
Japanese persimmons (8) (Nonstringent)	-2.69	-0.21	3.51		-0.61
Japanese persimmons (8) (Astringent)	-2.26	0.73	4.98		3.45
Japanese persimmons (11) (Astringent)	-2.79	-1.01	0.55		-3.25

These values were calculated by deducting glycomponent quantity of the fruits after microwaveoven heat treatment from raw fruits one (i.e. Table2-Table1)

Table4 The comparison of the sugar compositions between fruits given by microwaveoven heat treatment and raw fruits. (%)

Fruits (Harvest time)	Sugars			
	Sucrose	Glucose	Fructose	Sorbitol
Apples (8)	89.9	95.6	98.3	84.0
Blueberries	97.4	83.0	81.0	
Grapes	68.8	97.3	103.7	
Japanese pears	90.3	99.1	91.6	77.4
Nectarines	114.8	108.8	78.1	
Peaches	92.9	100.0	100.0	92.9
Japanese apricots	130.8			
Prunes	108.4	106.3	65.6	108.0
Blakberries	80.4	99.5	114.3	
Japanese plums	117.4	114.5	168.0	121.9
Japanese persimmons (8) (Nonastrigent)	37.3	93.2	378.6	
Japanese persimmons (8) (Astringent)		124.4	258.6	
Japanese persimmons (11) (Astringent)	37.6	83.8	105.5	

These values were obtained in the calculation formula of $(A \div C \times 100)$ A is the content of each glycocomponent in the raw fruits. C is the content of each glycocomponent in the fruits which conducted heat treatment by the microwave oven. Usually, various enzymes in the fruits are inactivated microwaveoven heat treatment.

示した。一方、リンゴ98.3%, ナシ91.6%, ブルーベリー81.0%, ネクタリン78.1%, プルーン65.6%では、100%未満であった。またウメでは、スクロースが検出されなかった。これらのことは、果実の加工中にフルクトースの生成と分解が起きていることを意味するものと推察した。このうちネクタリン、プルーンに関しては、スクロースとグルコースの増加に対してフルクトースの減少が見られ、他の果実とは異なった酵素反応が起きているものと思われた。また、プルーンでは、ソルビトールの増加も見られた。このソルビトールの増加は、後述のソルビトールの項でも述べるが、アルドースレダクターゼ (EC1.1.1.21) やL-イジトール-2-デヒドロゲナーゼ (EC1.1.1.14) などの酵素が関与して、[D-グルコース \rightleftharpoons ソルビトール] や [ソルビトール \rightleftharpoons D-フルクトース] の反応が起きているものと推察した。

なお、ネクタリンでは、ソルビトールが蓄

積せず、グルコースの生成、さらに、スクロース生成方向にのみ反応が進行したと考えられた。また、カキ、ブラックベリー、ブドウでは、スクロースの分解反応に伴って、フルクトースが増加したものと推察した。ウメでは、スクロース、グルコース、フルクトース、ソルビトールが、いずれも増加した。これは、デンプンなどの多糖類やグリコシドなどの分解によって多様な単糖類や二糖類などの糖成分の生成したことが伺えた。

(4) グルコースは、甘ガキ 8 月期2.90g (31.3%), 渋ガキ 8 月期3.72g (31.4%), 11月期5.21g (29.8%), ネクタリン3.39g (30.9%), ブドウ7.64g (27.2%), ブルーベリー3.02g (26.6%), ブラックベリー4.16g (25.1%), プルーン4.75g (25.3%), スモモ4.57g (23.7%), リンゴ1.97g (16.5%), モモ0.10g (1.1%)で、ウメには、グルコースが検出されなかった。

電子レンジ加熱果実のフルクトース量に対

する生果実のフルクトース量の比率は、前述したごとく、渋ガキ 8 月期では、114.5%、また、ネクタリン、プルーン、スモモでは100%を超えた。しかし、その他の果実では、増加しなかった。グルコースは、スクロース、フルクトースの場合とは異なり増減率が比較的 low、大きな変化が見られなかった。

(5) ソルビトールを含む果実は、バラ科のリンゴ0.42g (3.5%)、ナシ1.92g (15.3%)、プルーン4.73g (25.2%)、スモモ3.01g (21.7%)、モモ2.90g (31.0%)でその傾向が見られ、特にプルーンには多く検出された。

このソルビトール含量は、生果と電子レンジ加熱果実では、異なった傾向を示した。生果実／電子レンジ加熱果実の比率は、プルーン123.8%、ナシ84.6%、スモモ146.1%、リンゴ150%であった。また、ナシとリンゴ、スモモとプルーンでは異なった傾向を示した。電子レンジで酵素を不活性化した果実、生の果実とでは、ソルビトールの含量が変わるこ

とが明らかになった。これは、生果実中では、フルクトースの項で前述したアルドースレダクターゼ (EC1.1.1.21) [D-グルコース \rightleftharpoons ソルビトール] や L-イジトール-2-デヒドロゲナーゼ (EC1.1.1.14) [ソルビトール \rightleftharpoons D-フルクトース] などの酵素が関与してソルビトールを増加させたものと推察した。この酵素のうちどちらが関与したかは、今後の研究を待ちたい。

4. 湯煮加熱果実を用いた場合の糖含量と組成

(1) 総糖量は ブドウ26.19g、プルーン15.08g、スモモ13.93g、ナシ12.34g、ブラックベリー10.20g、リンゴ9.14g、ネクタリン8.79g、モモ7.92g、ブルーベリー7.07g、甘ガキ 8 月期7.50g、渋ガキ 8 月期6.38g、ウメ2.68gであった。この糖量は、Table 5 に示したごとく、生果実に対しても、また、電子レンジ加熱果実に対しても、かなり低い値を示した。湯煮加熱果実／電子レンジ加熱果実の比率は、最大が

Table5 Rates of changes of sugar contents with heat treatment of various fruits. (%)

Fruits (Harvest time)	Sugars			
	A/C \times 100	B/A \times 100	B/C \times 100	C/A \times 100
Apples (8)	9.57	76.5	73.2	104.5
Blueberries	82.9	62.2	51.6	120.7
Grapes	99.8	93.4	93.2	100.2
Japanese pears	90.0	98.3	88.5	111.1
Nectarines	108.0	80.1	86.5	92.5
Peaches	93.0	84.8	78.9	107.5
Japanese apricots	130.8	20.8	27.2	76.4
Prunes	107.0	80.3	85.9	93.5
Blackberries	106.0	60.4	65.3	94.3
Japanese plums	125.5	72.1	90.5	79.7
Japanese persimmons (8) (Nonstringent)	107.0	80.9	86.6	93.4
Japanese persimmons (8) (Astringent)	141.1	53.9	76.0	70.9
Japanese persimmons (11) (Astringent)	84.3			118.6

Symbols in the table are as follows. A is the raw fruits, B is a fruits after the hot water boil treatment and C is a fruits after microwaveoven one. The A, B and C are the total sugar values which is included for each fruits.

ブドウの93.2%，最低がウメ27.2%であった。特に、ウメが20%台の低い値を示したことは、ウメの果肉が小さく、肉質が粗いため、湯に溶出しやすかったものとい推察した。反面、ブドウ(93.2%)，スモモ(90.5%)，ナシ(88.5%)，ネクタリン(86.5%)，甘ガキ8月期(86.6%)，およびプルーン(85.9%)では，比較的溶出量が少なかった。これも果肉の大きさ，肉質の硬さや粘性などが影響しているものと考えた。また，後述するごとく，各糖成分の変化は，一部ものを除き，湯煮処理後に減少が目立った。この湯煮による糖の溶出は，果実内における代謝・酵素作用による糖成分の変化に比べて影響が大きいと推察した。以下，各糖成分の変化の状況を述べる。湯煮加熱後の果実100gあたりの糖含量とその組成比をTable 6に，湯煮加熱果実と電子レンジ加熱果実の糖含量・組成の比較をTable 7に示した。

(2) スクロース量は，プルーン7.34g(48.7%)，スモモ6.81g(48.9%)，モモ5.16g(65.2

%)，ネクタリン5.16g(58.7%)，ウメ2.66g(100%)，ナシ2.45g(19.9%)，ブラックベリー1.50g(14.7%)，リンゴ1.69g(18.5%)，甘ガキ8月期2.05g(27.3%)，渋ガキ8月期1.32g(20.7%)，ブドウ1.00g(3.8%)，ブルーベリー0.39g(5.5%)の順に多い。このスクロース量は，湯煮処理により減少しやすい糖であった。特に，湯煮後の残存率(湯煮加熱果実/電子レンジ加熱果実×100)が低い果実は，ウメの残存率27.0%，ブルーベリー34.2%，甘ガキ8月期47.8%，ブドウ57.8%であった。反対に，スモモ105.9%，ナシ91.4%，ネクタリン89.9%，プルーン87.6%では，比較的に高い残存率を示した。

(3) フルクトース量は，ブドウ18.07g(69.0%)，ブラックベリー6.00g(58.8%)，リンゴ5.84g(63.9%)，ナシ5.74g(46.5%)，ブルーベリー4.85g(58.8%)，甘ガキ8月期3.01g(40.1%)，渋ガキ8月期2.85g(44.7%)，スモモ1.61g(11.6%)，ネクタリン0.92g(10.5%)，プルーン0.16

Table6 Content and composition of the sugar of the fruits (g/100g fruits) and the composition ratio of each glycomponent (%) in heat treatment by the hot water boil.

Fruits (Harvest time)	Sugars				
	Sucrose	Glucose	Fructose	Sorbitol	Total sugar
Apples (8)	1.69 (18.5)	1.33 (14.6)	5.84 (63.9)	0.28 (3.1)	9.14
Blueberries	0.39 (5.5)	1.83 (25.9)	4.85 (68.6)	0	7.07
Grapes	1.00 (3.8)	7.12 (27.2)	18.07 (69.0)	0	26.19
Japanese pears	2.45 (19.9)	1.88 (15.2)	5.74 (46.5)	2.27 (18.4)	12.34
Nectarines	5.16 (58.7)	2.71 (30.8)	0.92 (10.5)	0	8.79
Peaches	5.16 (65.2)	0.08 (1.0)	0.08 (1.0)	2.60 (32.8)	7.92
Japanese apricots	2.66 (100)	0	0	0	2.68
Prunes	7.34 (48.7)	3.76 (24.9)	0.16 (1.1)	3.82 (25.3)	15.08
Blackberries	1.50 (14.7)	2.70 (26.5)	6.00 (58.8)	0	10.20
Japanese plums	6.81 (48.9)	3.46 (24.8)	1.61 (11.6)	2.06 (14.8)	13.93
Japanese persimmons (8) (Nonstringent)	2.05 (27.3)	2.44 (32.5)	3.01 (40.1)	0	7.50
Japanese persimmons (8) (Astringent)	1.32 (20.7)	2.20 (34.5)	2.85 (44.7)	0	6.38
Japanese persimmons (11) (Astringent)	—	—	—	—	—

Experiment sample and measurement condition were explained in Table1. Present study, Japanese persimmons (11) experiment did not perform.

Table7 The comparison of the sugar contents in various fruits between boiling water and microwave oven.

Fruits (Harvest time)	Sugars			
	Sucrose	Glucose	Fructose	Sorbitol
Apples (8)	71.0	64.6	77.4	56.0
Blueberries	34.2	50.3	54.3	
Grapes	57.8	90.7	97.6	
Japanese pears	91.4	88.7	86.1	91.5
Nectarines	89.9	86.3	71.9	
Peaches	82.6	80.0	80.0	83.3
Japanese apricots	27.0			
Prunes	87.6	84.1	50.0	87.2
Blackberries	75.4	64.6	63.4	
Japanese plums	105.9	86.7	64.4	83.4
Japanese persimmons (8) (Nonstringent)	47.8	78.5	230.9	
Japanese persimmons (8) (Astringent)	58.4	73.6	90.8	
Japanese persimmons (11) (Astringent)	—	—	—	—

These values were obtained in the calculation formula of $(B \div C \times 100)$ B is a fruits after the hot water boil treatment, and C is a fruits after microwaveoven heat treatment.

g (1.1%), モモ0.08g (1.0%)で、ウメにはフルクトースは検出されなかった。前述のスクロースと同様にフルクトースは、糖成分の中で、最も減少しやすい成分で、加熱処理後の残存率がブルーーン50.0%, ブルーベリー54.3%, ブラックベリー64.6%, スモモ64.4%であった。なお、甘ガキ8月期では230.9%の増加を示した。これは、デンプンの糖化が生じたものと考えられるが、詳細は不明である。

(4) グルコース量は、ブドウ7.12g (27.2%), ブルーン3.76g (24.9%), スモモ3.46g (24.8%), ネクタリン2.71g (30.8%), ブラックベリー2.70 (26.5%), 甘ガキ8月期2.44g (32.5%), 渋ガキ8月期2.20g (34.5%), ナシ1.88g (15.2%), ブルーベリー1.83g (25.9%), リンゴ1.33g (14.6%), モモ0.08g (1.0%)の順で、ウメには検出されなかった。グルコースの減少は、ブルーベリー以外は、比較的少なかった。

(5) ソルビトールを含む果実は、ブルーーン3.82g (25.8%), ナシ2.27g (18.4%), モモ2.60

g (32.8%), スモモ2.06g (14.8%), リンゴ0.28g (3.1%)の5種類で、特に、ブルーーンが多く、次いで、ナシ、モモ、スモモで、この前4者が多い。リンゴは少ないが、晩秋・初冬のリンゴでは、かなり多くなるものと思われる。加熱処理によるソルビトールの残存率は、リンゴ56.0%以外は比較的高い値を示した。

この湯煮加熱処理に伴う糖類の減少は、湯中への溶出が主な要因と考えられた。この溶出は、フルクトース、スクロースで起き易く、また、果実の種類では、ウメ、ブルーベリー、ブドウ、カキで大きかった。

以上の結果を総括すると、電子レンジ加熱処理では、加熱処理中における糖成分の変化がほとんど無いと思われた。加工前の生の果実の糖含量・組成の実態を表わすものと思われた。生果実を加工処理すると多様な酵素が働き、糖含量・組成に大きな影響を及ぼし、分析されたデータは、加工・分析前の状態とは、かなり異なるものと推察された。また、この糖含量・組成の変化は、果実の種類によ

り、かなり異なる結果が得られた。これは、果実の酵素特性（酵素の種類、基質成分の組成、pH）の違いによるものと推察した。さらに、生果実では、スクロース、フルクトース、グルコース、ソルビトールなど含有糖成分のすべてに変化が認められた。湯煮加熱では、加熱中に、糖の溶出が起き、糖含量を大きく減少した。この減少率は、糖や果実の種類により異なった。果実の糖含量・組成に影響を与える酵素反応は、糖の分解と生成の両者が起きているものと推察された。

要 約

長野県の飯田市と下伊那郡地域で栽培されている11種類の代表的な果実を用いて、それらの加熱などの加工処理に伴う糖含量・組成の変化について研究した。その結果、次のような知見が得られた。

1. 電子レンジを用いて加熱処理を施すことで、果実中の多様な酵素を不活性化でき、糖成分の変化を阻止して、再現性・安定性の高い分析データが得られることが確認できた。しかし、生果実の糖含量・組成は、加工・分析操作中に、果実内の酵素の作用で変化した。また、湯煮処理では、湯への糖の溶出が起きた。
2. 果実の総糖量は、果実の種類、収穫時期などにより約8～28%もの大きな差が見られた。加工・分析操作に伴う生果実中のスクロース、フルクトース、グルコースの増減は、単糖類・二糖類（スクロース、フルクトース、グルコース） \rightleftharpoons デンプン、グリコシドのような生代謝機構の影響によるものと考えた。
3. ソルビトールは、プルーン、ナシ、モモ、スモモ、リンゴの5種類のバラ科植物の果実に検出された。これらの果実100gあたりのソルビトール含量（糖組成比）は、次の通りであった。基本となる電子レンジ加熱時における値として、プルーン4.38g (25.0%)、モモ3.12g (31.1%)、ナシ2.48g (17.8%)、スモ

モ2.47g (16.0%)、リンゴ0.50g (4.0%)。このソルビトールの増加・減少の現象は、アルドースレダクターゼ、イジトール-2-デヒドロゲナーゼなどの酵素が関与しているであろうと推察した。また、これらの2つの酵素は、グルコース \rightleftharpoons ソルビトールおよびソルビトール \rightleftharpoons フルクトースの両方向へ反応を進める。

4. 果実は、糖組成により、次の4つのタイプに分類された。①スクロース型（スクロースが糖組成の主体を成す：ネクタリン、ウメ、カキ）。②スクロース・ソルビトール型（スクロースが糖組成の主体を成し、また、ソルビトールを含む：プルーン、モモ、スモモ）。③フルクトース型（フルクトースが糖組成の主体を成す：ブルーベリー、ブドウ、ブラックベリー、カキ）。④フルクトース・ソルビトール型（フルクトースが糖組成の主体を成し、また、ソルビトールを含む：リンゴ、ナシ）。

5. 生果実中のスクロース量は、加工・分析操作に伴ってネクタリン、ウメ、プルーン、スモモでは増加し、リンゴ、ブルーベリー、ナシ、ブラックベリー、カキでは、減少する傾向が見られた。このスクロースの増加には、スクロースリン酸シンターゼ、スクロースホスファターゼが、また、スクロースの減少には、 β -フルクトフラノシダーゼや α -グルコシダーゼが関与しているであろうと推察した。

参 考 文 献

- 1) 平井俊次, 近藤民恵: 果実の糖分析における問題点とその対策. 飯田女子短大紀要, 19, 59-68, 2002.
- 2) 平井俊次, 新海シズ, 近藤民恵: 脱渋処理によるカキ果実の糖成分と細胞壁多糖類の変化. 飯田女子短大紀要, 15, 35-51, 1998.
- 3) 平井俊次, 新海シズ: カキ果実中のマンニトール, ソルビトール, およびグルクロン酸. 飯田女子短大紀要, 13, 101-109,

- 1996.
- 4) 平井俊次, 新海シズ: 柿果実中のオリゴ糖, グリコシド, エタノール, およびアセトアルデヒドについて. 飯田女子短大紀要, **12**, 79-88, 1994.
- 5) 平井俊次, 新海シズ, 馬場和子: 含水メタノールおよびエタノール溶液中における α -グルコシダーゼ活性の特性. 飯田女子短大紀要, **11**, 68-80, 1992.
- 6) 平井俊次, 佐々木和子: カキ果・カキペーストの冷凍貯蔵中における糖・有機酸およびインペルターゼ活性の変化. 飯田女子短大紀要, **9**, 39-52, 1988.
- 7) 平井俊次, 六波羅明香, 清水純夫: スクロースからメチルおよびエチル β -D-フルクトフラノシドの酵素的調製法. 日本農芸化学会誌, **60**, 713-715, 1986.
- 8) 平井俊次, 六波羅明香, 清水純夫: 柿果実の成熟, 貯蔵および加工中のインペルターゼ活性の変化. 日本食品工業学会誌, **33**, 369-374, 1986.
- 9) 平井俊次, 六波羅明香, 清水純夫: 柿果のアルコール抽出時におけるメチルおよびエチル β -D-フルクトフラノシドの生成. 日本農芸化学会誌, **60**, 521-523, 1986.
- 10) 平井俊次, 六波羅明香: 柿の甘味の科学. 飯田女子短大紀要, **8**, 29-50, 1986.
- 11) 平井俊次, 山崎喜美江: 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. 日本食品工業学会誌, **31**, 24-30, 1984.
- 12) 平井俊次, 山崎喜美江: ガスクロマトグラフィーによる干柿の糖組成の研究. 日本食品工業学会誌, **30**, 178-180, 1983.
- 13) 平井俊次, 山崎喜美江: 成熟に伴う市田柿の糖成分の変化. 飯田女子短大紀要, **6**, 59-67, 1982.
- 14) 平井俊次: 大阪府立大学博士論文「カキ果実の成熟・貯蔵および加工中における呈味成分の変化に関する研究」, 1-128, 1978.
- 15) 平井俊次: 食の歳時記, 信州日報株式会社, 2005, pp.1-192.
- 16) 平井俊次: 身近にある果物の機能性, 長野県経済事業農業協同組合連合会, 2000, pp.1-73.
- 17) 赤堀四郎監修: 酵素ハンドブック, 第8版, 朝倉書房, 1973, pp.1-20, 455-508.
- 18) 赤堀四郎: 酵素研究法, 第2巻, 朝倉書店, 1970, pp.83-170, 547-642.
- 19) 赤堀四郎: 酵素研究法, 第3巻, 朝倉書店, 1966, pp.1-97.