東アジア原産サンザシ属 (*Crataegus*) 3種における果実内化学成分の特徴石 嶺^{1,4}・田中 彰²・田中常雄²・佐藤孝夫³・鈴木 卓^{1*}・大澤勝次¹¹北海道大学大学院農学研究科 060-8589 札幌市北区²北海道立食品加工研究センター 069-0836 江別市文京台緑町³北海道立林業試験場 079-0198 美唄市光珠内町⁴中国内蒙古農業大学 010018 中華人民共和国内蒙古自治区呼和浩特市Characteristics of Chemical Components of Fruits of Three *Crataegus* Species Originating in East AsiaLing Shi^{1,4}, Akira Tanaka², Tsuneo Tanaka², Takao Satoh³, Takashi Suzuki^{1*} and Katsuji Oosawa¹¹Graduate School of Agriculture, Hokkaido University, Kita-ku, Sapporo 060-8589²Hokkaido Food Science Processing Center, Bunkyo-dai Midori-machi, Ebetsu 069-0836³Hokkaido Forestry Research Center, Kohshunai-cho, Bibai 079-0198⁴College of Agronomy, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010018, China

Summary

To obtain fundamental data for improving *Crataegus* fruit trees, the chemical components in fruits from three *Crataegus* species (*C. pinnatifida* Bge., *C. dahurica* Koehne and *C. maximowiczii* Schneid.) originating in east Asia were examined. High concentrations of β -carotene (2.2-2.4 mg/100 gFW) were detected in fruits of each species, showing values higher than those of major fruit trees. Oxalic acid was detected at concentrations of 103.9-116.1 mg/100 gFW and was a typical organic acid in *Crataegus* fruits. The concentration of α -tocopherol (6.6-9.0 mg/100 gFW), citric acid (426.3 mg/100 gFW), anthocyanin (283.1 mg/100 gFW) and total polyphenol (769.0 mg/100 gFW) in *C. maximowiczii* fruits were much higher than those of other species. *C. maximowiczii* seems to be a useful parent for breeding new *Crataegus* cultivars with abundant functional elements.

キーワード: アントシアニン, α -トコフェロール, β -カロテン, 機能性, ポリフェノール

緒 言

バラ科サンザシ属 (*Crataegus*) は、北米大陸に多数の種が自生するほか、アジアおよびヨーロッパにも広く分布することが知られているが、果樹として利用できる種は限られている (米ら, 1992)。中国では、古くから可食性の小果を利用し、果実が比較的大きいオオミサンザシ (*C. pinnatifida* Bge) および湖北サンザシ (*C. hupehensis* Sargent) がドライフルーツ、果実酒、菓子および漢方薬の原料として利用されてきたが、栽培に関する研究の歴史は浅い。また、他の国での果樹としての利用例は報告されていない。近年、国内外において果実の持つ機能性に注目が集まり (矢野, 1998 と 1999; 並木, 1998; 佐藤, 1998; 三宅, 1998; 神田・柳田, 1998; 五十嵐, 1998; Zheng・Wang, 2003)、栄養補助食品の原料として機能性

果実を利用する試みが行われている。この中で、サンザシ果実の機能性にも関心が持たれているが (並木, 1998)、オオミサンザシ以外の種における果実内化学成分については、全く調査されていないのが現状である (米ら, 1992)。

果実の機能性が注目されている果樹の海外における研究動向として、クランベリーでは着色しない果実 (ホワイトクランベリー) の割合が大きいことが栽培上の問題となっており、果実中のアントシアニン組成が異なる *V. macrocarpon* Alt. と *V. oxycoccus* L. の種間雑種を育成し、新しいアントシアニン組成を有する品種の開発が進められている (Vorsa・Polashock, 2002)。ブルーベリーでも果実中のポリフェノール類が持つ抗酸化活性に注目が集まり (Kalt ら, 2002)、機能性成分に着目した育種が進行中である。従って、今後の果樹の育種を考える上で、果実の機能性を考慮することは極めて重要である。

北海道立林業試験場には、オオミサンザシのほか中国北部原産のダフリカサンザシ (*C. dahurica* Koehne)

2004年1月8日 受付. 2004年4月21日 受理.

* Corresponding author. E-mail: suz-tak@res.agr.hokudai.ac.jp

および日本にわずかに原生するアラゲアカサンザシ (*C. maximowiczii* Schneid.) が収集され、遺伝資源として保存されている。これらは、いずれも果実が大きく着果数も多く熟期がそろっていることから、栽培が比較的容易と考えられる。また、果実の色から判断すると、アントシアニンなど植物色素の含有量及び組成に種間差が存在することが予想される。そこで、本研究では、サンザシを改良し新規果樹として利用するための基礎として、これらの遺伝資源が有する果実内成分の特徴を明らかにしようとした。

材料および方法

植物材料

北海道立林業試験場遺伝資源圃場(北海道三笠市)に栽植されている、いずれも10年生のオオミサンザシ (*C. pinnatifida*)、ダフリカサンザシ (*C. dahurica*) およびアラゲアカサンザシ (*C. maximowiczii*) の各5本の樹から、2002年8月29日に平均的果房40個を採取し、この中から十分に着色した果実500粒(平均1粒重1~3 gFW)づつを選んで混合試料の1点として以下の分析に供試した(第1図)。これらの実験樹が植栽されていた土壌は、いずれも埴壌土である。なお、果実表面に光沢があり、果皮にしわがよる直前を収穫時期に選んだ。果実から種子(直径4 mm程度)を除去して果皮および果肉を材料とした。材料をフードプロセッサ(CQ-12, 東芝)で摩砕・混合した後、-30℃で冷凍保存し、分析の都度解凍して用いた。

分析方法

1. 一般成分

水分、タンパク質、脂質、炭水化物および灰分の5項目を調査した。これらの分析は、いずれも材料2 gを用い、五訂日本食品標準成分表分析マニュアル(科学技術庁資源調査会食品成分部会, 1997)に基づき、水分は70℃での減圧乾燥法、タンパク質はケルダール分解法、脂質は酸分解法、灰分は乾式灰化法により測定した。この場合、タンパク質の分析にはタンパク質自動分析装置(スーパーケル1100, アクタック)を、灰化にはマッフル炉(KM-280, アドバンテック)を用いた。また、タンパク質含量の算出に用いる窒素-タンパク質係数は、6.25とした。炭水化物は、全体から水分、タンパク質、脂質および灰分を差引いた残りの値として求めた。

2. 無機成分

無機成分の分析は材料各2 gを用いて行い、ナトリウム、カリウム、カルシウム、マグネシウム、リン、鉄、亜鉛および銅の8項目を調査した。前述の分析マニュアルに従い、ナトリウムおよびカリウムを希酸抽出法により、カルシウム、リン、鉄、マグネシウム、亜鉛および銅を湿式分解法により各々抽出し、分析試料とした。リンは、バナドモリブデン酸吸光光度法に従い、分光光度計(UV-1200, 島津製作所)を用いて410 nmの吸光度を測

定することにより求めた。その他の無機成分は、原子吸光分光光度計(Z-6100, 日立製作所)を用いて測定した。

3. ビタミン類

前述の分析マニュアルおよびKhachik et al. (1992)の方法に従い、材料各2 gから抽出した試料中のβ-カロテン、アスコルビン酸およびα-トコフェロール含量を、高速液体クロマトグラフ(HPLC)装置(東ソー 8010シリーズ)を用いて測定した。分析条件は、以下のとおりである。β-カロテン: カラム, Inertsil ODS-3 (GL-Science, 内径4.6 mm×長さ250 mm); カラム温度, 25℃; 移動相, アセトニトリル-メタノール-ジクロロメタン-n-ヘキサン溶液を組成比(85:10:2.5:2.5, v/v)で分析開始から10分まで送液した後、組成比(45:10:25:25, v/v)への直線グラジエント; 流速, 0.7 ml/分; 検出器, 可視紫外分光光度計(UV-8010, 東ソー); 波長, 470 nm。アスコルビン酸: カラム, Silica-2150-N (Senshu Pak, 内径4.6 mm×長さ250 mm); カラム温度, 40℃; 移動相, 酢酸-n-ヘキサン-酢酸エチル(1:4:5, v/v); 流速, 1.5 ml/分; 検出器, 可視紫外分光光度計(UV-8010, 東ソー); 波長, 495 nm。α-トコフェロール: カラム, ZORBAX SIL (Zorbax, 内径4.6 mm×長さ250 mm); カラム温度, 40℃; 移動相, 酢酸-2-プロパノール-n-ヘキサン(5:6:1,000, v/v); 流速, 1.2 ml/分; 検出器, 蛍光分光光度計(FS-8010, 東ソー); 励起波長, 298 nm; 蛍光波長, 325 nm。

4. 遊離糖および有機酸

遊離糖および有機酸の分析には、材料3および5 gを各々供試した。遊離糖は80% (v/v)エタノールで80℃, 1時間還流抽出を行い、有機酸は0.2N塩酸で抽出して、いずれも高速液体クロマトグラフを用いて分別定量した。分析条件は、以下のとおりである。遊離糖: カラム, Polyamine II (YMC, 内径4.6 mm×長さ250 mm); カラム温度, 35℃; 移動相, 70% (v/v)アセトニトリル; 流速, 1.0 ml/分; 検出器, 示差屈折計(RI-8010, 東ソー)。有機酸: カラム, OAPak-A (東ソー, 内径7.8 mm×長さ300 mm)2本を連結して使用; カラム温度, 60℃; 移動相, 75 mM硫酸; 流速, 0.8 ml/分; 反応液; 0.2M BTB-15 mMリン酸水素2ナトリウム; 流速, 0.8 ml/分; 検出器, 可視紫外分光光度計(UV-8010, 東ソー); 波長, 450 nm。

5. アントシアニンおよびポリフェノール

アントシアニンおよびポリフェノールの分析には、材料2 gを各々供試した。アントシアニンは、5% (v/v)ギ酸(pH 1.65)で抽出し、分光光度計を用いて530 nmの吸光度を測定する方法により、シアニジン-3-ルチノシド(フナコシ)10, 20, 30および40 μg/mlを標準として作成した検量線に基づき比色定量した。ポリフェノールは、フォーリン・デニス法に従い、分光光度計で410 nmの吸光度を測定する方法により行い、クロロゲン酸(シグマ)

2, 5, 10 および 20 $\mu\text{g/ml}$ を標準として作成した検量線に基づき比色定量した.

結果および考察

1. 果実の外観

果実は、オオミサンザシ (一果重約 2~3 g) が他の 2 種 (同約 1~2 g) に比べてやや大きく、一樹当たりの着果数もオオミサンザシが多かった (第 1 図). 果皮はいずれも無毛で光沢があり、オオミサンザシが橙赤色、ダフリカサンザシが赤紫色、アラゲアカサンザシが黒色を呈した. また、果肉色も果皮色に類似していた.

2. 一般成分

サンザシ果実の含水量 (73.5~77.3 g/100 gFW) は、五訂日本食品標準成分表 (科学技術庁資源調査会編, 2000) に記載のある果実類の中でバナナ (75.4 g/100 gFW) と同程度であり、液果のブドウ (83.5 g/100 gFW), ブルーベリー (86.4 g/100 gFW), ハスカップ (85.5 g/100 gFW) およびアロニア (84.5 g/100 gFW) と比べて低い値を示した (第 1 表). これは、サンザシ果実が多汁質ではないことを反映している. また、炭水化物含量 (21.7~25.2 g/100 gFW) もバナナ (22.5 g/100 gFW) と同程度で、ブドウ (15.7 g/100 gFW), ブルーベリー (12.9 g/100 gFW), ハスカップ (12.8 g/100 gFW) およびアロニア (14.4 g/100 gFW) よりも高い値を示した. これは、ペクチン含量が多いこと (米ら, 1992) などが原因と考えられる. タンパク質、脂質および灰分の割合は、他の果樹と大差なく、サンザシ属内の種間差も小さかった.

3. 無機成分

サンザシ果実は無機成分として豊富に含まれるカリウム (358~461 mg/100 gFW) およびカルシウム (72~81 mg/100 gFW) の含有量は、他の機能性果樹のそれと比較して高い値を示した (第 2 表). 銅 (0.11~0.15 mg/100 gFW) の含有量も、他に比べ高いことが明らかになった. これ以外の無機成分含量については、他の機能性果樹と大差がなかった. この結果を、中国におけるオオミサンザシ果実の分析結果 (趙, 1996) と比較すると、カルシウムおよびリン (17~21 mg/100 gFW) の含量は同程度であるが、鉄 (0.23~0.32 mg/100 gFW) の含量は中国のそれ (2.1 mg/100 gFW) よりも低い値であった. この要因として、果実中の重金属類濃度は栽培されている土壌母材の影響を受けやすいので、栽培土壌の違いが鉄含量に影響を及ぼした可能性が考えられる.

4. ビタミン類

サンザシ果実のアスコルビン酸 (ビタミン C) 含量 (16.1~28.8 mg/100 gFW) は、ハスカップ (44.3 mg/100 gFW) より少ないものの、バラ科のアロニア (13.7 mg/100 gFW), リンゴおよびナシ (科学技術庁資源調査会編, 2000) より高い値である (第 3 表). また、この値は中国におけるオオミサンザシ果実の分析結果 (36~97.6 mg/100 gFW) よりも低かった (趙, 1996). 次に、ビタミン A の前駆体である β -カロテン含量 (1.9~3.0 mg/100 gFW) は、五訂日本食品標準成分表に記載されている果実類 (生) の中での最高値 (カロテン, 1.1 mg/gFW (タンゼロおよびパッションフルーツ)) よりも、さらに高い値で

オオミサンザシ
(*C. pinnatifida*)

ダフリカサンザシ
(*C. dahurica*)

アラゲアカサンザシ
(*C. maximowiczii*)

第 1 図 東アジア原産サンザシ属 (*Crataegus*) 3 種の果実

第1表 サンザシ果実の一般成分^z

種	水分	タンパク質	脂質	炭水化物	灰分
オオミサンザシ	75.79±0.04 ^y	0.59±0.08	0.22±0.02	23.24±0.04	0.16±0.00
ダフリカサンザシ	77.34±0.10	0.59±0.06	0.19±0.02	21.73±0.14	0.15±0.00
アラゲアカサンザシ	73.54±0.79	0.80±0.01	0.26±0.01	25.22±0.81	0.18±0.00
ブルーベリー ^x	86.4	0.5	0.1	12.9	0.1
ハスカップ ^w	85.49	0.73	0.56	12.85	0.38
アロニア ^v	84.36	0.70	0.14	14.37	0.44

^zg/100g FW^y平均±SE(n=3)^x五訂日本食品標準成分表(2000)より転載^w田中・田中(1998)より転載^v田中・田中(2001)より転載第2表 サンザシ果実の無機成分含量^z

種	ナトリウム	カリウム	カルシウム	マグネシウム	リン	鉄	亜鉛	銅
オオミサンザシ	2.04±0.19 ^y	384.25±3.96	72.07±3.14	19.56±0.63	18.80±0.43	0.32±0.03	0.24±0.01	0.14±0.01
ダフリカサンザシ	2.11±0.33	357.53±7.64	74.16±3.99	19.69±1.24	17.48±0.59	0.31±0.01	0.11±0.02	0.11±0.02
アラゲアカサンザシ	2.98±0.19	461.15±8.35	81.14±2.11	19.87±0.55	20.56±1.35	0.23±0.01	0.29±0.01	0.15±0.00
ブルーベリー ^x	1	70	8	5	9	0.2	0.1	0.04
ハスカップ ^w	0.4	188.6	38.4	11.4	25.2	0.61	0.096	0.060
アロニア ^v	2.6	218	32.2	16.2	19.7	0.93	0.147	0.044

^zmg/100g FW^y平均±SE(n=3)^x五訂日本食品標準成分表(2000)より転載^w田中・田中(1998)より転載^v田中・田中(2001)より転載

あった。なお、カロテンが豊富なことで有名な緑黄色野菜と比較しても、サンザシ果実のカロテン含量はブロッコリー(0.81 mg/100 gFW)よりも多く、葉ネギ(1.9 mg/100 gFW)やカラシナ(2.8 mg/100 gFW)に匹敵する高い値であることがわかった。また、 α -トコフェロール含量は、アラゲアカサンザシ(2.22 mg/100 gFW)で値が比較的高く、種間差が認められたが、中国におけるオオミサンザシのそれ(0.5~2.01 mg/100 gFW)と比べると大差がなかった(趙, 1996)。

5. 遊離糖および有機酸

サンザシ果実からは、糖類としてフルクトース(2.0~2.3 g/100 gFW)、ソルビトール(6.1~7.6 g/100 gFW)およびグルコース(3.3~3.6 g/100 gFW)の3種類が検出され、スクロースは検出されなかった(第4表)。スクロースが検出されなかった点は、アロニアと同様である。また、ソルビトール含量が比較的多いことは、ナナカマド属(*Sorbus*)やアロニア属(*Aronia*)と同様にバラ科木本性果樹の特徴と考えられる。糖含量に、種間差は認められなかった。

また、有機酸としてシュウ酸(103.9~116.1 mg/100

gFW)、クエン酸(114.4~426.3 mg/100 gFW)およびリンゴ酸(450.2~458.8 mg/100 gFW)が検出された(第5表)。シュウ酸は、他の機能性果樹にはほとんど含まれておらず、サンザシ果実の特徴の一つと考えられる。リンゴ酸含量(450.2~458.8 mg/100 gFW)は、ハスカップおよびアロニアのそれよりも低かった。クエン酸含量(114.4~426.3 mg/100 gFW)には種間差が認められ、アラゲアカサンザシで含量が多かった。

6. アントシアニンおよびポリフェノール

アントシアニンおよび総ポリフェノール含量には顕著な種間差が認められ、いずれもアラゲアカサンザシが極めて高い値を示した(第6表)。また、アラゲアカサンザシのアントシアニン(283.1 mg/100 gFW)および総ポリフェノール(769.0 mg/100 gFW)は、アロニアには及ばないものの、ハスカップのそれよりも値が高かった。Mazza・Miniati(1993)によれば、オオミサンザシ成熟果のアントシアニン含量(11~16 mg/100 gFW)は、本実験結果よりも高い値を示しているが、これと比べてもアラゲアカサンザシのアントシアニン含量が顕著に高いことは明らかである。サンザシ果実には、アントシアニンと

第3表 サンザシ果実のビタミン類含量²

種	β -カロテン	アスコルビン酸	α -トコフェロール
オオミサンザシ	3.03 $\pm$ 0.33 ¹	25.36 $\pm$ 0.54	0.43 $\pm$ 0.05
ダフリカサンザシ	2.76 $\pm$ 0.07	16.13 $\pm$ 0.29	0.43 $\pm$ 0.07
アラゲアカサンザシ	1.88 $\pm$ 0.09	28.82 $\pm$ 0.24	2.22 $\pm$ 0.13
ハスカップ ^a	0.131	44.3	1.07
アロニア ^a	0.771	13.7	1.42

¹mg/100g FW²平均 $\pm$ SE(n=3)^a田中と田中 (1998) より転載^a田中と田中 (2001) より転載第4表 サンザシ果実の糖含量²

種	フルクトース	ソルビトール	グルコース	合計
オオミサンザシ	2.03 $\pm$ 0.03 ¹	7.62 $\pm$ 0.10	3.35 $\pm$ 0.05	13.00 $\pm$ 0.18
ダフリカサンザシ	2.09 $\pm$ 0.05	6.12 $\pm$ 0.16	3.29 $\pm$ 0.08	11.51 $\pm$ 0.29
アラゲアカサンザシ	2.26 $\pm$ 0.04	6.44 $\pm$ 0.13	3.56 $\pm$ 0.11	12.26 $\pm$ 0.28
アロニア ^a	1.89	2.18	1.70	5.77

¹g/100g FW²平均 $\pm$ SE(n=3)^a石井ら (1997) より転載

してシアニジン類およびペオニジン類が含まれることが報告されており (Mazza・Miniati, 1993), アラゲアカサンザシ果実に含まれるアントシアニンの種類についても、今後さらに検討する必要がある。

以上の結果から、サンザシ果実にはビタミン類の β -カロテンが豊富に含まれていることが明らかになった。また、種間差も存在し、アラゲアカサンザシ果実には、他の2種に比べ α -トコフェロール、クエン酸、アントシアニンおよび総ポリフェノールが特に多く含まれていることが、明らかになった。従って、今後これらの成分に着目し、サンザシ果実を機能性食品素材として積極的に活用していくことが可能になると考えられる。この場合、従来栽培化されているオオミサンザシの中でも、特に果実が大きく着果数が多い品種・系統(‘大金星’など)と、機能性成分が特に豊富なアラゲアカサンザシの雑種を育成するなどの方法により、高機能性で高収量の品種育成を目標に、サンザシを改良する必要がある。果実のシュウ酸含量が少ない遺伝資源を探索し、改良の素材として用いることも必要である。また、石井ら (1997) は、アロニア果実のアントシアニン含量は8月初旬から9月中旬にかけて、果実の発育に伴い徐々に増加し、逆に β -カロテン含量は減少することを報告した。従って、サンザシ果実の収穫適期を明らかにする意味からも、8月から9月にかけての果実内成分の消長をさらに詳しく調査する必要がある。

摘 要

サンザシ属 (*Crataegus*) 果樹を改良する上で基礎となる知見を得ることを目的とし、東アジア原産のオオミサンザシ (*C. pinnatifida*)、ダフリカサンザシ (*C. dahurica*) お

第5表 サンザシ果実の有機酸含量²

種	シュウ酸	クエン酸	リンゴ酸
オオミサンザシ	116.13 $\pm$ 0.95 ¹	114.37 $\pm$ 1.55	450.67 $\pm$ 4.50
ダフリカサンザシ	103.93 $\pm$ 0.94	194.27 $\pm$ 1.04	458.80 $\pm$ 7.59
アラゲアカサンザシ	116.10 $\pm$ 2.96	426.30 $\pm$ 3.91	450.17 $\pm$ 9.48
ハスカップ ^a		1,910	850
アロニア ^a		210	1,310

¹mg/100g FW²平均 $\pm$ SE(n=3)^a田中と田中 (1998) より転載^a田中と田中 (2001) より転載第6表 サンザシ果実のアントシアニンおよび総ポリフェノール含量²

種	アントシアニン	総ポリフェノール
オオミサンザシ	0.60 $\pm$ 0.12 ¹	199.37 $\pm$ 3.66
ダフリカサンザシ	0.66 $\pm$ 0.09	171.47 $\pm$ 3.85
アラゲアカサンザシ	283.14 $\pm$ 13.35	768.99 $\pm$ 16.99
ブルーベリー ^a	25 - 495	
ハスカップ ^a	224	460
アロニア ^a	725 - 1,050	4,500

¹mg/100g FW²平均 $\pm$ SE(n=3)^aMazzaとMiniati (1993) より転載^a田中 (2000) より転載

よびアラゲアカサンザシ (*C. maximowiczii*) の果実内化学成分を調査した。サンザシ果実には、高濃度で β -カロテン (1.9~3.0 mg/100 gFW) が含まれており、この値は主要果樹のそれよりも高い値であった。有機酸としてシュウ酸 (103.9~116.1 mg/100 gFW) が検出されたことは、サンザシ果実の特徴である。アラゲアカサンザシ果実の α -トコフェロール (2.22 mg/100 gFW)、クエン酸 (426.3 mg/100 gFW)、アントシアニン (283.1 mg/100 gFW) および総ポリフェノール (769.0 mg/100 gFW) 含量は、他種と比べ著しく高かった。アラゲアカサンザシは、高機能サンザシの育種母本として、有用と考えられる。

引用文献

- 米 文広・張 亦喆・真田哲朗. 1992. 中国のサンザシ遺伝資源とその利用. 農業および園芸. 67 (9): 991-995.
- 五十嵐喜治. 1998. アントシアニン類の機能性. 食品と開発. 33 (8): 11-14.
- 石井現相・瀧川重信・工藤和典・京谷英壽. 1997. アロニア果実の肥大に伴うヘスペリジン、色素、糖およびリンゴ酸など化学成分の消長. 園学雑. 66 別2: 732-733.
- 伊藤三郎. 1997. ブルーベリーのすぐれた機能性と健康. 食品工業. 40 (16): 16-24.
- 科学技術庁資源調査会編. 2000. 果実類. 五訂日本食品標準成分表. p130-143. 社団法人資源協会. 東京.
- 科学技術庁資源調査会食品成分部会編. 1997. 五訂日本食品標準成分表分析マニュアル. p1-152. 社団法人資源協会. 東京.

- Kalt, W., M. I. Sweeney, K. J. Clark, S. L. MacKinnon and K. T. Gottschall-Pass. 2002. Blueberry polyphenolics protect cultured neurons against damage due to hypoxia and oxidative stress. p. 382. in Proceedings of the XXVIth international horticultural congress. Toronto, Canada.
- Khachik, F., M. B. Goli, G. R. Beecher, J. Holden, W. R. Lusby, M. D. Tenorio and M. R. Barrera. 1992. Effect of food preparation on qualitative and quantitative distribution of major carotenoid constituents of tomatoes and several green vegetables, *J. Agric. Food Chem.*, 40: 390-398.
- 神田智正・柳田顕郎. 1998. リンゴの特徴的成分と生理機能. 食品と開発. 33 (7): 19-21.
- Mazza, G. and E. Miniati. 1993. Anthocyanins in fruits, vegetables, and grains. p. 41, 43-44, 89. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida.
- 三宅義明. 1998. レモン成分の機能性研究. 食品と開発. 33 (7): 15-18.
- 並木和子. 1998. 山楂子(サンザシ)の機能性について. 食品と開発. 33 (7): 8-10.
- 佐藤充克. 1998. ブドウの機能性成分の研究. 食品と開発. 33 (7): 11-14.
- 田中常雄・田中 彰. 1998. ハスカップの品種・系統別化学成分含量と特性値. 日本食品科学工学会誌. 45 (2): 129-133.
- 田中常雄. 2000. ハスカップ. P433-436. 津志田藤二郎編, 地域農産物の品質・機能性成分総覧. サイエンスフォーラム. 東京.
- 田中常雄・田中 彰. 2001. アロニアの化学成分含量と特性値. 日本食品科学工学会誌. 48 (8): 606-610.
- 趙煥諄. 1996. 山楂卷. 中国果樹志. p. 1-3, p. 61-72. 中国林業出版社. 北京.
- Vorsa, N. and J. Polashock. 2002. Altering flavonoid glycosylation for increased bioavailability in cranberry through interspecific hybridization. p. 382. in Proceedings of the XXVIth international horticultural congress. Toronto, Canada.
- 矢野昌充. 1998. カンキツ類の機能性研究. 食品と開発. 33 (7): 4-7.
- 矢野昌充. 1999. 果実類の生理機能. 農業および園芸. 74 (1): 113-118.
- Zheng, W. and S. Y. Wang. 2003. Oxygen radical absorbing capacity of phenolics in blueberries, cranberries, chokeberries, and lingonberries. *J. Agric. Food Chem.* 51: 502-509.