

地域農産物による機能性食品の開発

—各種果実類のペクチン質の組成と機能性—

辻 政雄・木村 英生

Development of Functional Food by Using Local Agricultural Products

—Pectin Composition and Functionality of Fruits—

Masao TSUJI and Hideo KIMURA

要 約

山梨県産果実、モモ4品種、スモモ5品種、ネクタリン1品種、ブドウ7品種、リンゴ3品種及びカキ4品種の6種類、24品種の食物繊維含量及びその機能性について検討した。各果実の平均食物繊維含量は、モモ1.19%、ネクタリン1.03%、スモモ1.12%、ブドウ0.52%、リンゴ1.26%及びカキ2.70%であった。次にモモ、スモモ及びブドウ果実中のペクチン組成を検討したところ、プロスキー変法及びアルコール不溶性固形物(AIS)から得られるペクチン組成は、前者では水溶性ペクチン(WSP)が73~89%、0.05N塩酸可溶性ペクチン(HSP)が0~8%であり、後者ではWSPが32~60%、HSPが14~63%であった。すなわち、プロスキー変法では不溶性ペクチンが水溶性ペクチンに変化していることが認められた。果実から調製したA I Sのタウロコール酸の結合能は、スモモ(プルーン)が最も高く、また鉄の結合能は、カキ果実が最も低い傾向であった。またA I Sから抽出した水溶性画分によるビタミンCの酸化防止効果を検討したが、ネクタリンでその効果が高かった。

Abstract

Dietary fiber content, pectin composition and functionality of fruits were investigated. Average dietary fiber contents of peaches, plums, nectarin, grapes, apples and persimmons were 1.19% ,1.12% ,1.03% ,0.52% ,1.26% and 2.70% ,respectively. Pectin compositions of peach, plum and grape obtained by Prosky's method were 73~89% of water soluble pectin (WSP) and 0~8% of 0.05N hydrochloric acid soluble pectin (HSP). And pectin compositions of their fruits obtained from alcohol insoluble solid(AIS) were 32~60% of WSP and 14~63% of HSP. By using of Prosky's method, insoluble pectin changed to water soluble pectin. AIS of 'prune' plum fruit had the highest ability of binding of taurocholate among fruits tested, and persimmon fruits had the lowest ability of binding of Iron among fruits tested. Water soluble fraction extracted from AIS of nectarin fruit had the highest antioxidative activity of vitaminC among fruits.

1. 緒 言

青果物はビタミンやミネラルなどの栄養源としてのみならず、コレステロール低下、血糖値上昇抑制、血圧上昇抑制、抗酸化作用及び抗がん作用などの新たな機能を持つことが解明されつつ^{1), 2)}あり、日本人の主要病態である、がん、脳卒中、心臓病、糖尿病などの生活習慣病の予防素材として期待されている。山梨県は果樹王国と言われ、モモ、ブドウ、スモモ、リンゴ及びカキなど多くの種類の果実が生産されている。しかし、これら県産果実の食物繊維、ポリフェノール、カロチノイド及びフラボノイドなどの機能性成分を系統的に研究した事例はなく、今後の県産果実の需要拡大及び新規加工品を開発する上で、これらの成分

を解明することは不可欠と思われる。そこで本年度は、食物繊維やペクチンなどの植物多糖類に焦点を絞り、各果実中のそれらの含量、機能性について検討した。

2. 実験方法

2-1 供試果実

供試果実はモモ(白鳳、浅間白桃、川中島白桃、長沢白鳳)、ネクタリン、スモモ(大石早生、ソルダム、ケルシー、太陽、プルーン)、ブドウ(テラウエア、甲州、マスカット・ベリーA、巨峰、ピオーネ、ネオマスカット、甲斐路)、リンゴ(つがる、ふじ、ジョナゴールド)及びカキ(伊豆早生、富有、西村早生、杉田早生)の6種類、24

品種を用いた。これらの果実は農家または市販スーパーから買い入れた。なお、スモモ（ブルー）は長野県産であるが、その他の果実はいずれも山梨県産であった。

2-2 分析試料の調製

種子と果皮を除いた果肉を約1cm角に切断したのち、約40gを300ml容のビーカーに秤量した。次にビーカーに食品包装用ラップフィルムを掛け、電子レンジ（600W）で1分間加熱した。冷却後、重量減少した水分量を補給して冷凍庫（-20℃）に保存した。なお、加熱操作は、果実のペクチン分解酵素の失活を目的に実施した。分析試料は、冷凍庫から取り出して解凍後、ホモジナイズしたものを使用した。

2-3 アルコール不溶性固形物（A I S）の調製

細断した果肉に80%エタノールとなるように、99.5%エタノールを加え、加熱還流操作を15分間行った。冷却後ホモジナイズし、25G3のガラスろ過器でろ過を行った。残渣は糖反応がなくなるまで十分に80%エタノールで洗浄し、99.5%エタノール及びエチルエーテルで脱水後、減圧乾燥を行い、粉末のA I Sを得た。

2-4 総食物繊維の定量法

図1に示したが、常法³⁾に従いプロスキー法で実施した。なお、総食物繊維量は、1時間放冷後の残渣から蛋白量及び灰分量、さらに分析試料を用いずに同法で行ったブランク値を差し引いて算出した。

2-5 果実中のペクチン成分の分画

果実において、ペクチンは食物繊維の主要部分を占め、水溶性成分と不溶性成分が存在する。一般に果実中のペクチン成分の分画は、AIS⁴⁾から逐次各種溶媒を用いて抽出していく方法がとられている。しかし、水溶性及び不溶性食物繊維を分析するプロスキー変法⁵⁾で分析した場合、どのようなペクチン組成になるのかが検討されていない。そこで、プロスキー変法とA I S法で得られるペクチン組成を比較した。その分析手順は図2に示したが、プロスキー変法とA I S法のそれぞれから水溶性ペクチン（W S P）、0.4%ヘキサメタリン酸可溶性ペクチン（P S P）、0.05N塩酸可溶性ペクチン（H S P）及び0.05N水酸化ナトリウム可溶性ペクチン（S S P）を分画した。ペクチンの分析は、カルバゾール・硫酸法⁶⁾で分析し、ガラクトツロン酸として算出した。

2-6 A I Sによるタウロコール酸の吸着試験

A I Sの胆汁酸吸着能を検討するため、胆嚢から十二指腸に分泌される胆汁酸塩⁷⁾の一種であるタウロコール酸Naを用いた。実験方法は、A I S 10mgを共栓付遠沈管にとり、蒸留水2mlを入れて懸濁させた。つぎに10mg/mlタウロコール酸Naを0.1ml添加し、37℃で1時間振とうさせた。その後、懸濁液を限外ろ過ユニット（ミリポア製、ウルトラフリーMC5,000NMWL）に入れ、遠心分離（5,000rpm-30分）後に得られたろ液をH P L Cで分析した。H P L Cの分析は、カラム；イナートシルODS-3V（4.6×150mm）、カラム温度；40℃、溶離液；アセトニトリル：水：リン酸=45：54：1（V/V）、流量；0.8ml/min及び検出器；U V（210nm）の条件で実施した。

分析試料（約5g）

0.08Mリン酸緩衝液（50ml）

（pH6.0, α-アミラーゼ0.1ml, 100℃-30分）

（pH7.5, プロテアーゼ0.1ml, 60℃-30分）

（pH4.5, グルコアミラーゼ0.1ml, 60℃-30分）

95% E t O H (60℃) 400ml 添加

2 G 2ろ過（セライト545を0.5g積層したもの）

残渣

78% E t O H (20ml × 3回)
95% E t O H (10ml × 2回)
アセトン (10ml × 2回)

残渣

105℃-1夜乾燥

1時間放冷、残渣計量

蛋白測定用残渣

灰分測定用残渣

ケルダール分解、蒸留

525℃-5時間

蛋白量 (N×6.25)

放冷後、灰分計量

図1 プロスキー法による総食物繊維の分析法

2-7 鉄の吸着試験

芦田ら⁸⁾の方法に準拠して行った。すなわち、A I S 10 mgを共栓付遠沈管にとり、鉄として2ppmを含むFe (NO₃)₃ (pH4.30) を10ml入れて懸濁させた。つぎに25℃で1時間振とう後、懸濁液を0.45 μmマイクロフィルター (アドバンテック製セルロースアセテイト) でろ過した後、原子吸光分光光度計で測定した。

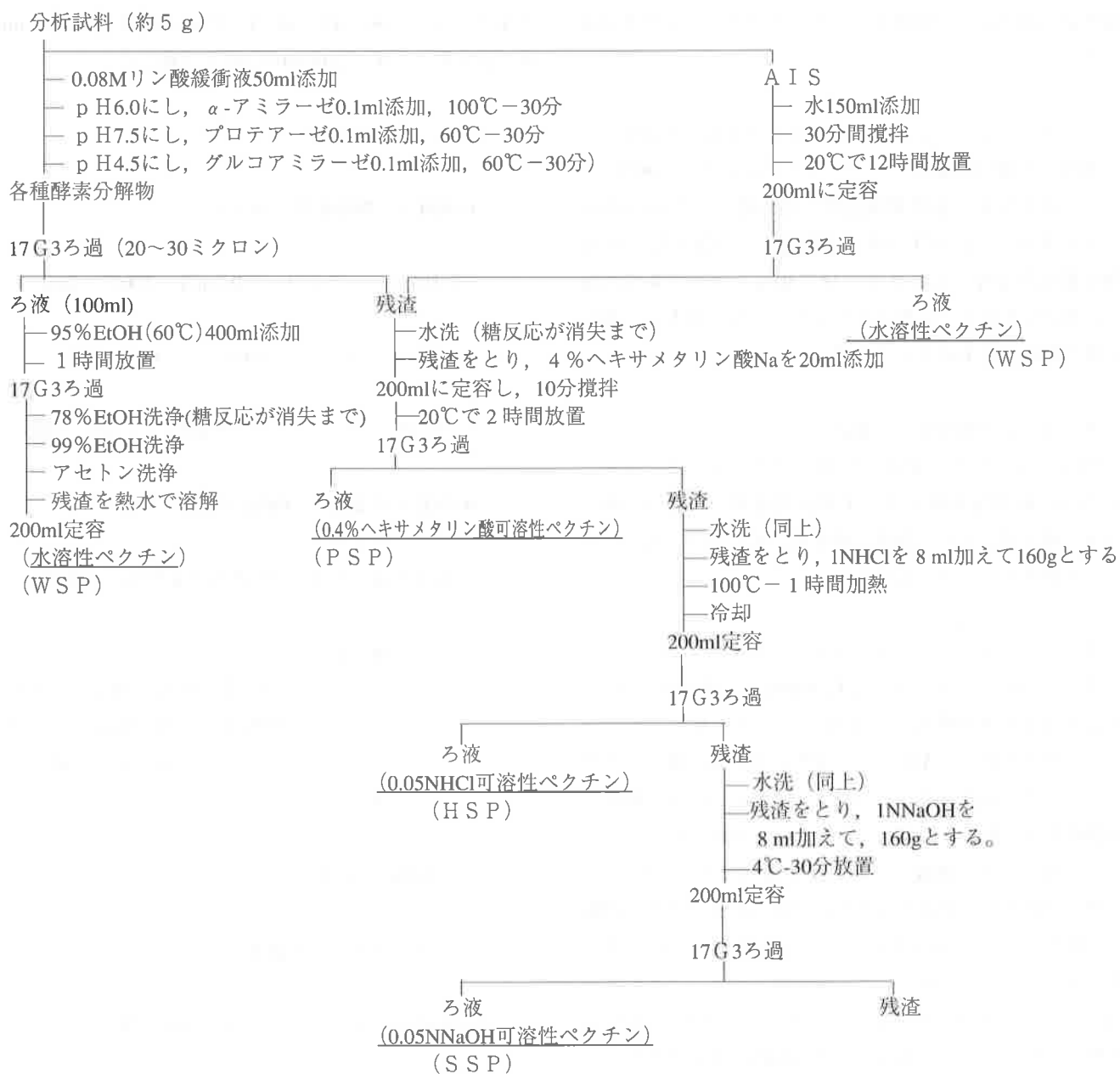
2-8 A I Sから調製した水溶性画分によるビタミンCの酸化抑制試験

果肉1gに相当するA I Sを分取後、蒸留水を20ml加えて、20℃で5時間振とうした。その後、1G3のガラスろ過器でろ過したろ液を水溶性画分とした。この溶液と同量のビタミンC (10mg/100ml) 溶液を加え、調製直後及び20℃貯蔵1日後の還元型ビタミンC含量を測定した。

3. 結果及び考察

3-1 果実の総食物繊維含量

表1に各果実類の総食物繊維含量を示した。その結果、果実による平均含量を算出すると、モモ1.19%、ネクタリ



《プロスキー変法によるペクチン画分》

《A I S法によるペクチン画分》

図2 プロスキー変法及びA I S法におけるペクチン組成の分析法

表1 果実類の総食物繊維含量 (g/100g)

モモ (白鳳)	1.23	ブドウ (デラウェア)	0.54	リンゴ (つがる)	1.27
〃 (浅間白桃)	1.06	〃 (甲州)	0.55	〃 (ふじ)	1.15
〃 (川中島白桃)	1.42	〃 (マスカット・ベリーA)	0.60	〃 (ジョナゴールド)	1.35
〃 (長沢白鳳)	1.04	〃 (巨峰)	0.51	カキ (伊豆早生)	1.53
ネクタリン	1.03	〃 (ピオーネ)	0.50	〃 (富有)	1.70
スモモ (大石早生)	1.45	〃 (ネオマス)	0.46	〃 (西村早生)	3.39
〃 (ソルダム)	0.75	〃 (甲斐路)	0.45	〃 (杉田早生) (脱渋前)	3.69
〃 (ケルシー)	1.01			〃 (杉田早生) (脱渋後)	3.18
〃 (太陽)	0.84				
〃 (プルーン)	1.54				

ン1.03%, スモモ1.12%, ブドウ0.52%, リンゴ1.26%及びカキ2.70%となり, カキが最も多く, ブドウが最も少なかった. 品種間では, ブドウ, リンゴ及びモモでは品種間の含量差は少なかったが, スモモやカキでは大きく, 特にカキでは最も少ない伊豆早生と最も多い杉田早生(脱渋前)とでは2.4倍の差違が認められた. なお, 今回の分析では, 杉田早生(脱渋前)が3.69%と最も多く, 次に西村早生3.39%, 杉田早生(脱渋後)3.18%と続き, いずれも3%以上を示した. 成人一日当たりの目標食物繊維量は, 20~25g⁹⁾とされているが, 西村早生の場合, 1果重が約200g(この内, 可食部が70%とすると140g)であるので, 4~5個食べると十分この目標を満たすことになる.

3-2 果実の成熟中及び貯蔵中の総食物繊維含量

表2及び表3に, モモ(浅間白桃)及びスモモ(大石早生, ソルダム)の成熟中及び貯蔵中における総食物繊維含量を示した. その結果, スモモ(大石早生)では成熟中及び貯蔵中において, その含量にバラツキがみられたが, モモ(浅間白桃)及びスモモ(ソルダム)では, ほぼ一定の値で推移した.

表2 モモ及びスモモ果実の成熟中における総食物繊維含量 (g/100g)

	未熟果	適熟果	完熟果
モモ (浅間白桃)	1.11	1.06	1.25
スモモ (大石早生)	1.07	1.45	1.43

表3 モモ及びスモモ果実の貯蔵中 (25℃) における総食物繊維含量 (g/100g)

	0日	3日	4日	7日
モモ (浅間白桃)	1.11	1.13		1.10
スモモ (大石早生)	1.07	1.47		1.09
〃 (ソルダム)	0.75		0.71	0.70

3-3 果実のプロスキーマ変法及びA I S法におけるペクチン組成の変化

表4にモモ(浅間白桃), スモモ(ソルダム)及びブドウ(デラウェア)のプロスキーマ変法及びA I S法におけるペクチン組成の変化を示した. その結果, プロスキーマ変法では, 水溶性ペクチン(WSP)が73~89%, 0.05N塩酸可溶性ペクチン(HSP)が0~8%であった. 一方, A I S法では, WSPが32~60%, HSPが14~63%であった. すなわち, いずれの果実においても水溶性ペクチンの比率は, プロスキーマ変法の方がA I S法より大きく, プロトペクチン⁹⁾と言われる塩酸可溶性ペクチンは水溶性ペクチンとは反対に, A I S法の方が大きかった. これは, プロスキーマ変法では不溶性のプロトペクチンが水溶性ペクチンに変化した可能性が考えられる. 食物繊維は, 水溶性のものと不溶性のものでは, その機能が異なる¹⁰⁾とされていることから, 両者の含量を明確に分析することは重要であり, その意味で, プロスキーマ変法の分析法を今後さらに検討する必要があると思われる.

3-4 A I Sによるタウロコロール酸の吸着試験

図3に各果実から調製したA I Sのタウロコロール酸の吸着率を示した. その結果, スモモ(プルーン)の吸着率が60%と最も高く, 次にスモモ(大石早生)やブドウに20~30%の吸着率が認められた. 一方, モモ, ネクタリン, リ

表4 果実のプロスキー変法及びA I S法におけるペクチン組成の変化 (mg/100g果肉)

ペクチン画分	モモ (浅間白桃)		スモモ (ソルダム)		ブドウ (デラウェア)	
	プロスキー変法	A I S法	プロスキー変法	A I S法	プロスキー変法	A I S法
W S P	261 (88)	122 (32)	249 (89)	99 (32)	86 (73)	55 (60)
P S P	12 (4)	16 (4)	10 (3)	16 (5)	21 (18)	24 (26)
H S P	25 (8)	214 (56)	21 (8)	196 (63)	0 (0)	13 (14)
S S P	0 (0)	30 (8)	0 (0)	0 (0)	11 (9)	0 (0)
T o t a l	298 (100)	382 (100)	280 (100)	311 (100)	118 (100)	92 (100)

W S P ; 水溶性ペクチン, P S P ; 0.4%ヘキサメタリン酸可溶性ペクチン, H S P ; 0.05N塩酸可溶性ペクチン, S S P ; 0.05N水酸化ナトリウム可溶性ペクチン

() 内は組成比

ンゴ及びカキではほとんどタウロコール酸の吸着は認められなかった。果実の食物繊維によるタウロコール酸の吸着試験は見られないが、海老原ら¹¹⁾は難消化性植物素材で検討し、アルファルファ、たけのこ、大根及びもやしは、ごぼう、コンニャク、小麦ふすまより強い吸着能をもつとしている。また繊維素材^{12) 13)}でみると、リグニンが最も強い胆汁酸吸着能を持ち、ペクチンもかなりの吸着能があるが、ヘミセルロースは小さく、またセルロースはほとんど吸着能がないと言われている。このことから、今回、果実によりタウロコール酸の吸着率が異なったことは、果実により繊維成分の組成が大きく異なっていることが考えられ、今後、その組成について検討する必要があると思われる。なお、表5にはモモ (浅間白桃) とスモモ (大石早生) の成熟中におけるタウロコール酸Naの吸着率を示したが、両者とも果実の熟度による差異は見られなかった。

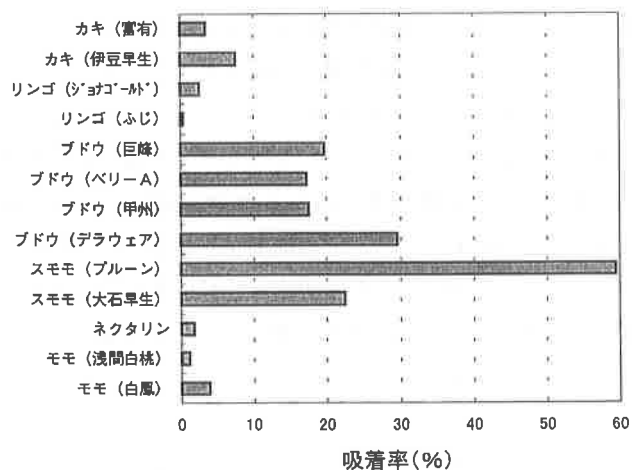


図3 果実から調製したAISのタウロコール酸の吸着率

表5 果実の成熟中におけるタウロコール酸の吸着率 (%)

	未熟果	適熟果	完熟果
モモ (浅間白桃)	1.1	0	2.4
スモモ (大石早生)	22.5	32.9	26.1

3-5 A I Sによる鉄の吸着試験

図4に各果実から調製したA I Sによる鉄の吸着率を示した。その結果、モモ、ネクタリン、スモモ (ブルー)、リンゴでは60%以上の吸着率を示し、ブドウでも40~50%の値を示した。一方、カキでは10%強の吸着率で、鉄をほとんど吸着しないことがわかった。食物繊維の鉄結合能¹⁴⁾は、リグニン、ヘミセルロースが高く、セルロース、ペクチンは小さいとされており、胆汁酸塩と同様に、果実による鉄吸着の差は、繊維成分組成の差異が影響していると思われる。なお、表6にはモモ (浅間白桃) とスモモ (大石早生) の成熟中における鉄の吸着率を示したが、両果実とも完熟になると、鉄吸着率が低下するようであった。

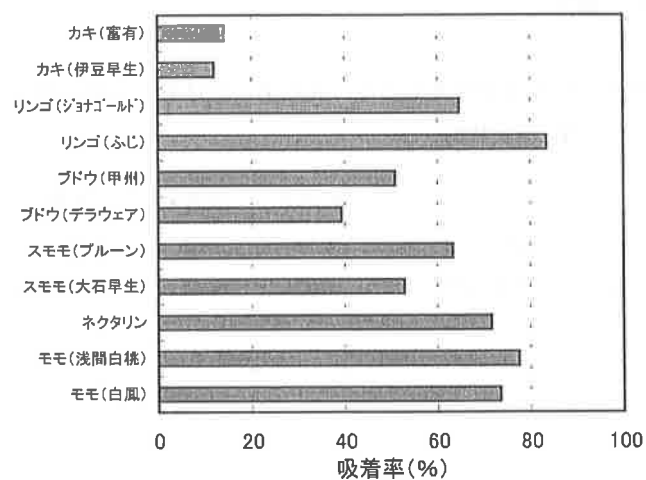


図4 果実から調製したAISの鉄吸着率

表6 果実の成熟中における鉄の吸着率 (%)

	未熟果	適熟果	完熟果
モモ (浅間白桃)	73.2	76.6	52.3
スモモ (大石早生)	49.8	41.9	40.8

2-8 AISから調製した水溶性画分によるビタミンCの酸化抑制試験

20℃ 1日貯蔵後の還元型ビタミンCの残存率を図5に示した。その結果、果実により差違が認められ、ネクタリンが最も酸化抑制効果が大きかった。元村¹⁵⁾も果実のAISから調製した水溶性画分によるビタミンCの酸化抑制を検討しているが、モモやリンゴがネクタリンより酸化抑制効果が大きいことを報告しており、またペクチン性物質も同様な効果があることを報告している。われわれと元村の結果は異なっていたが、これは水溶性画分中のペクチン物質が影響していることが考えられ、その量及び組成についてさらに検討を要する。

4. 結 言

山梨県産果実、モモ4品種、スモモ5品種、ネクタリン1品種、ブドウ7品種、リンゴ3品種及びカキ4品種の6種類、24品種の食物繊維含量及びその機能性について検討した。

- 1) 各果実の平均食物繊維含量は、モモ1.19%、ネクタリン1.03%、スモモ1.12%、ブドウ0.52%、リンゴ1.26%及びカキ2.70%であった。
- 2) プロスキーマ変法とAIS法で、モモ(浅間白桃)、スモモ(ソルダム)及びブドウ(デラウェア)果実のペクチン組成を検討したところ、プロスキーマ変法では、水溶性ペクチン(WSP)が73~89%、0.05N塩酸可溶性ペクチン(HSP)が0~8%であった。一方、AIS法では、WSPが32~60%、HSPが14~63%であった。

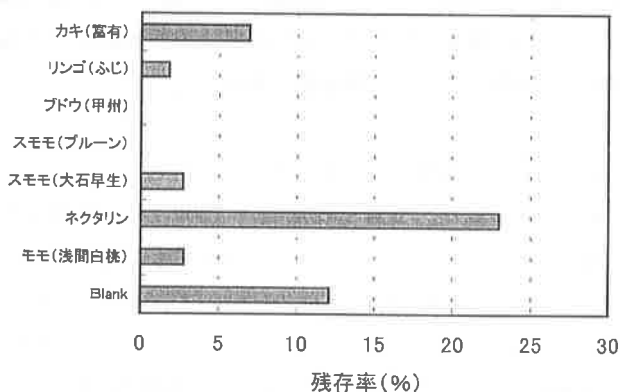


図5 果実から調製したAISの水溶性画分のビタミンCの酸化抑制効果

すなわち、いずれの果実でも水溶性ペクチンはプロスキーマ変法の方が高く、塩酸可溶性ペクチンはAIS法の方が高かった。これは、プロスキーマ変法では、不溶性のプロトペクチンが水溶性ペクチンに変化したものと考えられた。

- 3) 果実から調製したAISの胆汁酸塩の一種であるタウロコール酸の結合能は、スモモ(プルーン)が最も高く、また鉄の結合能はカキ果実が最も低い傾向であった。
- 4) 各果実のAISから抽出した水溶性画分によるビタミンCの酸化防止効果を検討したところ、ネクタリンでその効果が最も高かった。

参考文献

- 1) 大宮あけみ：食品工業，5.30.，43-70 (1998)
- 2) 津志田藤二郎：(社)日本食品科学工学会関東支部平成9年度大会講演要旨集，p5 (1997)
- 3) 日本食品科学工学会新・食品分析法編集委員会編：新・食品分析法，(株)光琳，p65 (1996)
- 4) 日本食品科学工学会新・食品分析法編集委員会編：新・食品分析法，(株)光琳，p575 (1996)
- 5) 日本食品科学工学会新・食品分析法編集委員会編：新・食品分析法，(株)光琳，p73 (1996)
- 6) 日本食品科学工学会新・食品分析法編集委員会編：新・食品分析法，(株)光琳，p579 (1996)
- 7) 栄養学ハンドブック編集委員会編：栄養学ハンドブック，技報堂出版，p394 (1981)
- 8) 芦田優子・斉藤義幸・川戸章嗣・今安聡：農化，66，p1233 (1992)
- 9) 香川芳子監修：四訂食品成分表2000，女子栄養大学出版部，p479 (2000)
- 10) 辻啓介：月刊フードケミカル，11，7，p19 (1995)
- 11) 海老原清・平尾昭彦・桐山修八：農化，52，p401，(1978)
- 12) 土井邦紘・辻啓介編：食物繊維-基礎と臨床-朝倉書店，p161 (1997)
- 13) 辻啓介・森文平：食物繊維の科学，朝倉書店，p7 (1998)
- 14) 土井邦紘・辻啓介編：食物繊維-基礎と臨床-朝倉書店p72 (1997)
- 15) 元村佳恵：園学雑68別1，p335 (1999)