

渋柿の脱渋とこれに関連する果実の追熟におけるアスコルビン酸の動態

西川 陽子*・吉澤 明子*・沼田 美智子*

（2004年7月29日受付）

The function of ascorbic acid for removal of astringency and ripening of persimmons

Yoko NISHIKAWA*, Akiko YOSHIZAWA*, and Michiko NUMATA*

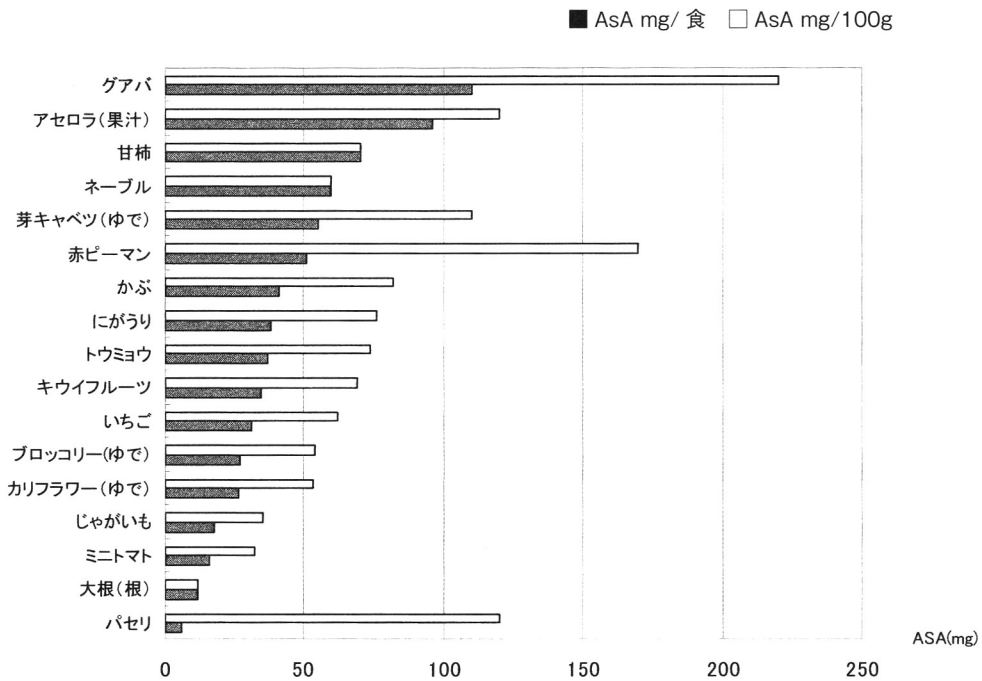
(Received July 29, 2004)

1. 緒言

ビタミンC（アスコルビン酸 = AsA）は我々人間は体内で合成することができないため、毎日摂取しなければならない微量必須栄養素である。AsAの体内における働きでは、コラーゲンの合成反応における補酵素としての役割が主であるが、その他、チロシン代謝や脂質代謝、生体異物の解毒にも関与し、さらにAsAは水溶性の抗酸化物質であるため、体内で生じたラジカルの消去など様々な働きをしている（倉田 1989；木村・小林 2002）。このため、喫煙者や風邪をはじめとする疾患時、物理的および精神的ストレスが過重にかかった時などではその必要量は高まるとされ（五十嵐 2000）、日本におけるAsAの所要量は現在100 mg/dayとされているが、AsAに過剰症がないことと現在のストレス社会を考慮してこの値以上の十分量の摂取が奨励されている。AsAは食品では果物や野菜に多く含まれ、一般によく食される食品で含有量の多いものは図1に示したとおりである（実務出版第2編集部 2000）。AsAは熱、光、金属、pH（アルカリ）によって酸化分解されやすく（Bode et al. 1990）、図2に示したような酸化分解経路を経て分解される。この酸化分解経路のうち、デヒドロアスコルビン酸（酸化型アスコルビン酸 = DHA）まではAsAと可逆的關係にあるため、栄養学上DHAも生体内で等しくAsAとして機能するとし、AsA量は、AsAとDHAを合わせた総AsA量で議論されることが多い。そして、DHAより更に分解が進んだジケトングロン酸（DKG）以降の分解物にはAsAとしての機能がなく、逆に糖尿病などの疾病を誘発及び促進する作用が疑われており、AsAの分解物における研究が現在進められている（Bode et al. 1990；Nishikawa et al. 2001；Nishikawa et al. 2003）。ゆえに、加熱などを施す調理ではAsAの損失が大きく、当研究室の大根を使った実験を例にとると、ふろ吹き大根用に大根を調理した際、生大根中AsAの約40%がロスし、圧力鍋を用いた場合ではさらにロスが大きく50%と

*茨城大学教育学部家政教育講座 食物研究室（〒310-8512 茨城県水戸市文京 2-1-1）

いう結果であった。このように AsA は熱に弱く分解されやすい上に、水溶性ビタミンであることから煮汁への溶出も大きく、調理方法によって摂取率は大きく左右され、野菜からの摂取はかなり少なくなると考えたほうがよい。それに比べて果物は生のまま食すことが多く、AsA のような調理に弱い必須栄養素に対して摂取効率がよい。図 1 のグラフでも可食あたりの AsA 摂取量が高いものに果物が多い。最近では果物に豊富に含まれるビタミンやミネラル、食物繊維の価値が見直されている。過剰な活性酸素やフリーラジカルは癌の発生や生活習慣病の進行に関わるとされ（平山 1995；大坂ら 1993）、酸化傷害を防止する観点から抗酸化物質を多く含む食品が注目され、野菜と同様果物の積極的な摂取が奨励されている。



科学技術庁資源調査会編『5訂日本食品標準成分表』より

図1 アスコルビン酸を多く含む主な食材とアスコルビン酸含有量

AsA の含有量の多い果物には南国系のものが多いが、日本における AsA 供給源として古くから食されてきたものに柿がある。柿の原産国は中国および日本であり、日本では 10 世紀頃から既に栽培が行われていたとされる。しかし、栽培品種が豊富になり、渋柿の利用法や脱渋方法が確立されたのは江戸時代に入ってからとされている（傍島 1986）。日本における柿の利用を生産量から見てみると農林水産省統計局のまとめでは、柿の生産量は 1970 年の 34.3 万 t をピークに減少し、1995 年には 25.4 万 t まで落ち込んだが、2000 年からまた生産は上向きになり、2002 年の生産量は 26.9 万 t となっている。内訳を見ると、甘柿が 45.4%、渋柿が 54.6% と、平成 9 年以降渋柿の

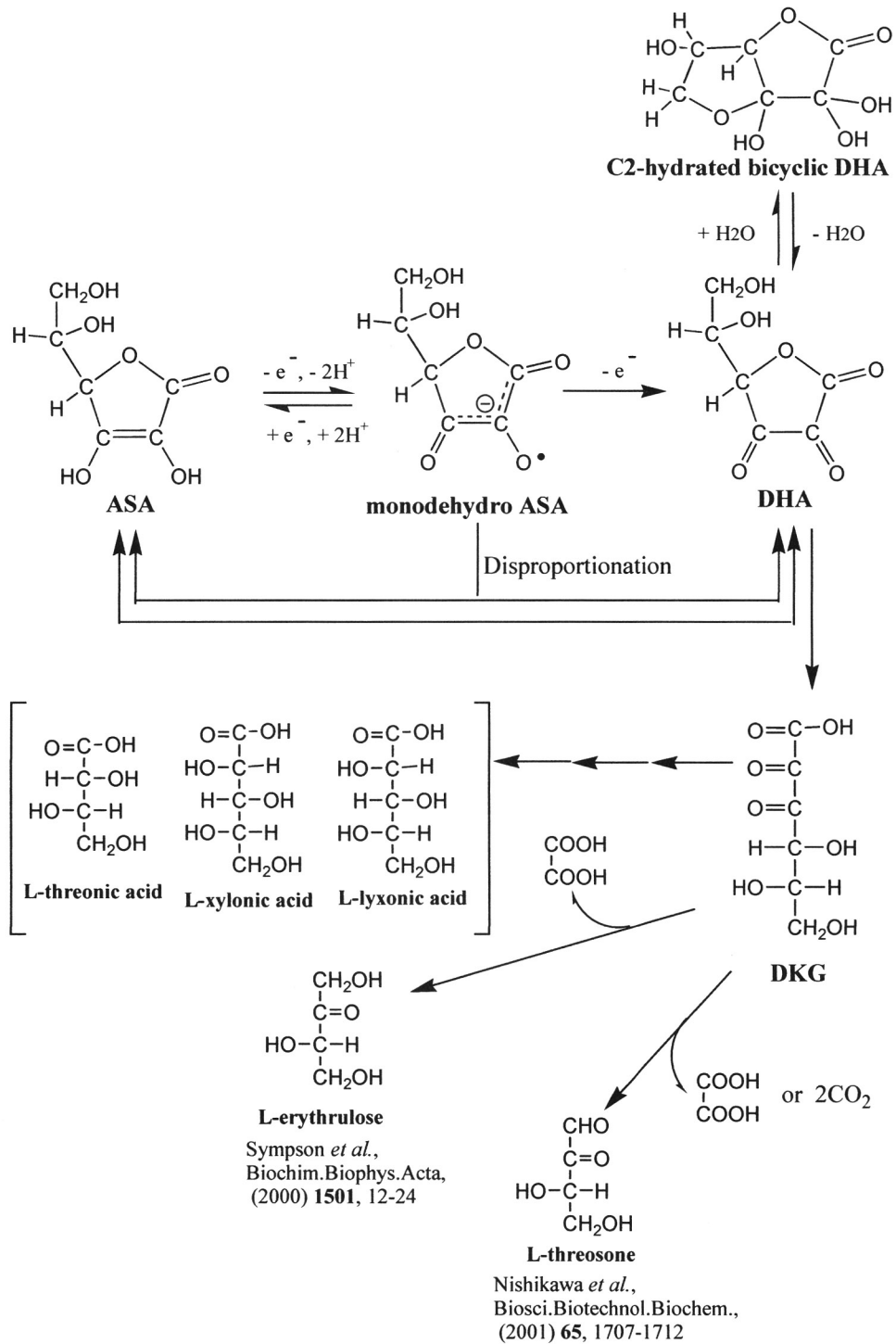


図2 アスコルビン酸の酸化分解経路

生産量が甘柿を抜き、渋柿の生産が徐々に伸びてきている。これは渋柿の生産のしやすさ、保存性のよさ、脱渋技術の改良が進んだことなどがその要因として考えられる。現在ある柿の品種は800～1000種以上と言われているが、このように品種の多いものは果物の中でも珍しく、柿の変異性の大きさに起因している。柿は果実の形質、樹勢、花のつき方などに変異が大きく、単一の基準で品種を分類することは難しいため、品種の分類においては甘柿と渋柿に大別され、その中で果形によって区分され、完全渋柿、完全甘柿、不完全渋柿、不完全甘柿に分別される（傍島 1986）。脱渋と種子形成とに関係がなく果実が軟熟するまで脱渋しないもの（褐斑を生じない）を完全渋柿、樹上において果実が硬いうちに脱渋するもの（微量の褐斑を生じる）を完全甘柿とし、種子がないときは全く脱渋せず、種子数が少ないときは部分的脱渋するもので脱渋度の低いものを不完全渋柿、脱渋度の高いものを不完全甘柿とする。現在栽培されている主な品種をこの分類法により分けたものが表1である。地方ごとに気候にあった甘柿、渋柿が育成されてきたが、現在では収量や市場性などから、甘柿では富有を中心に次郎、西村早生、渋柿では平核無を中心に刀根早生などが栽培されており、経営的栽培によって甘柿および渋柿の品種は限定される方向にあるといえる。

柿は昔から、実際の健康効果が大きかったために健康食として親しまれ、薬的な扱いをされる向きもあったが、これはAsA以外にも β -カロテンやタンニン、リコピンといった抗酸化物質が特に豊富に含まれていることに起因する。また、柿は果実だけでなく、葉においてもAsA含有量が高く、葉は茶としても利用されてきた。特に柿の葉中のAsAは、より安定なAsA前駆体として存在するため、茶にしても壊れにくく、AsAのよい供給源として利用されてきた（傍島 1986）。このように柿は、AsAの代謝の観点からすると非常に特殊な植物であるといえる。しかし、なぜ赤道直下を原産とせず、紫外線の影響から身を守るためといった理由のない柿にこのようにAsAが多く含まれ、AsAの特殊な代謝が存在するののかについては未だ明らかにされていない。また、先にも述べたように柿には甘柿と渋柿があることも大きな特徴であり、近年生産の伸びている渋柿の場合、脱渋処理をしなくては生食できない。渋柿の脱渋方法には、エタノール、炭酸ガスを用いるものや、湯抜き、凍結、はく皮乾燥などがあるが、その脱渋の機構においても未だ詳細には明らかにされていない。エタノール、炭酸ガス、はく皮乾燥の方法では、いずれも処理工程中に果実内に酵素的に生成される少量のアセトアルデヒドにより一部のタンニンが凝集され、それを核として緩やかに残る可溶性タンニンが凝集し脱渋されることが実験より推察されているが（板村・福嶋 1989；平ら 1988）、他の脱渋方法については別の脱渋機構の存在を示唆する結果が得られており（平・渡部 1995）、複数の脱渋機構を持つことが推察されている。

そこで本研究では、柿の2大特徴である渋（タンニン）とAsAの関連性を期待し、柿の脱渋反応に対するAsAの関与について新たな知見を得ることを目的とし、柿果実の熟しにおけるAsAの動態について実験を行った。

2. 方法

2.1. 試料および試料の調製と試薬

試料として用いた渋柿の品種は、いずれの脱渋処理方法においても完全渋柿の蜂矢（表1）に統一した。脱渋処理はアルコール脱渋、CO₂脱渋、湯抜き脱渋（さわし柿に相当）、陰干し脱渋（干

柿に相当) の4つの方法にて行い、それぞれの処理の詳細は表2にまとめた。柿は酸味がなく、熟

表1 甘柿および渋柿の主な品種

完全甘柿	富有	岐阜県原産。現在日本で栽培されているほとんどがこの品種である。果実は大大きく豊産性で外観、品質も優れている。種が少なく、渋味が残らない。
	次郎	静岡県原産。富有に次ぐ大果で、果肉はやや固めでカリッとした歯当たりがある。種は少なく甘味が強い。果頂部が成熟期に裂開、異変する欠点がある。
	御所	奈良県原産。果肉は緻密でやわらかく、甘味が強い。富有、次郎以前の代表的品種である。
不完全甘柿	西村早生	滋賀県原産。御所型の果形で玉ぞろいがよい。種子の数が少ないと渋抜けが不完全であり、一般に肉質がややあらい特徴がある。
	禪寺丸	神奈川県原産。古くから名のある品種で、果実は小型で甘味が強い。肉質はあらく固い。雄花の着生が多いので花粉採取用品種として重宝される。
	赤ガキ	京都府原産。果実は小型で肉質はあらく甘味が乏しい。成熟期が極早生であること、授粉用に使われることなどから近畿、中国地方で多く栽培されている。
完全渋柿	西条	広島県原産。中国、山陰地方の代表品種である。果実は中型で肉質甘味とも優れているので、干し柿、さわし柿、熟柿のいずれにも適している。
	堂上蜂矢	岐阜県原産。果実は中型で肉質もよく甘味も強い。干し柿に適した品種である。
	横野	山口県原産。果実は大きく豊産性であり、肉質、品質ともに優れている。晩生種であり、暖地のさわし柿用として適している。
不完全渋柿	平核無	新潟県原産。果実は大型で平たく、種が少ない。肉質、甘味の優れた品種であり、さわし柿、干し柿に適した渋柿の代表品種である。
	会津身不知	福島県原産。果実は中型、豊産性で品種は中位である。さわし柿として好適であるが、人口脱渋がやや困難である。
	甲州百日	富士、大代、江戸ガキなど別名が多く、原産地は定かではない。果実は大きく、品種は中位である。熟柿に最適である。主に近畿地方以北に広く栽培される。

度の進行に伴って硬度が低下するため糖含量や硬度が品質の指標となる。脱渋処理期間は、使う道具や処理時の温度などにより微妙な違いがあるため、事前にパネラー5人による5回の食味テストにより、渋みを感じず、硬度、糖度共に最も良好とされる処理期間を設定した。

キウイフルーツについては水戸市内のスーパーで購入したニュージーランド産のグリーン種（ヘイワード種）を用いた。

試料の調製と本実験の分析に用いた試薬は全て和光純薬工業より購入した。

2.2. アスコルビン酸の定量

AsAの定量はHPLCを用いて文献記載の方法（Nishikawa and Kurata 2000）に従って行った。柿及びキウイフルーツ試料のHPLCサンプル調製方法は図3に示した通りである。この方法は還元型AsA量を測定するもので、DHA量は総AsA量（ジチオトレイトール（DTT）による還元サンプル）と還元型AsA量を測定し、その総AsA量の値から還元型AsA量の値を差し引くことにより算出した。測定値はAsAの生態及び食品濃度の単位として一般に用いられるmg/100g新鮮重に換算し、比較検討を行った。HPLC分析に用いた装置及び条件の概要は以下の通りである。

システム：コントローラ（SCL-10A vp, SHIMADZU）、分析処理（CLASS-VP, SHIMADZU）

カラム：ODS-2（Inertsil, 4.6 mm × 150 mm）、25℃

溶離液：リン酸バッファー（0.05M, pH2.3）、0.7ml/min

検出：UV 245 nm（SPD-10AV vp, SHIMADZU）

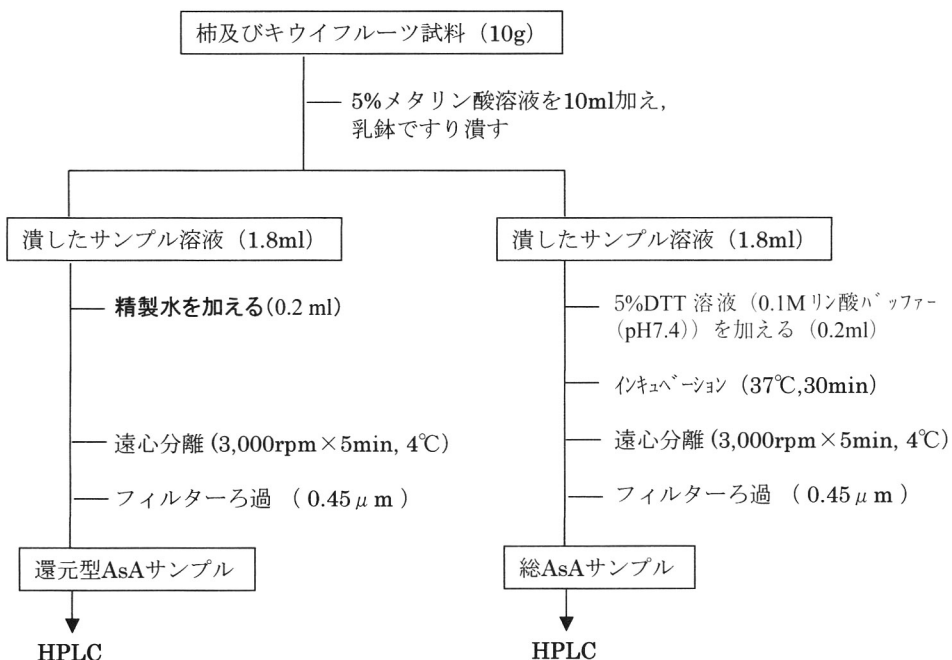


図3 HPLC分析サンプル調製方法

表2. 渋柿の脱渋処理方法

脱渋方法		処理手順
本 実 験 施 行 脱 渋 法	アルコール脱渋	1) 40% エタノール溶液（和光特級エタノール）を十分しみ込ませた新聞紙をデシケーターの底に敷き詰め、蓋をして1時間ほど置く。 2) デシケーターに渋柿を入れて密閉し、冷暗所（15℃）に1週間置く。 3) 柿をデシケーターから1日外に出し、アルコール臭を飛ばす。
	CO ₂ 脱渋	1) 厚手の透明ビニール袋（70 L）にドライアイスと渋柿を入れ、袋を密閉する。 2) 袋が膨らんだら、中の気体を外に出し袋を結ぶことを2～3回繰り返す、中の気体をCO ₂ に置換する。 3) CO ₂ が充填された状態で、ビニールを二重張りにし冷暗所（15℃）で5日間放置する。 4) 柿を1日袋から外に出し、柿に残ったCO ₂ を飛ばす。
	湯抜き脱渋	1) 厚手のビニール袋に渋柿を入れ、60℃の湯の入ったデシケーターに袋ごとつける（柿を入れることで温度が下がるため、湯の温度ははじめ60℃に設定）。 2) 柿が完全に湯につかるよう、錘 or 落し蓋を施し、デシケーターごと保温器（50℃）に入れ一晩置く。
	はく皮陰干脱渋 （干柿）	1) 渋柿の皮をヘタを残して剥き、T字型に残した結果枝に縄をかけ、1週間～10日、風通しのよい所で陰干し。 2) 表面が乾き内側に水分が残るので、水分が均一になるよう手でやわらかく揉み、更に5日～1週間陰干し。 3) 2) のもみ出しをもう一度行い、小刀とピンセットで種を抜く。この段階であんぽ柿。さらに糖質の白い粉がふくまで1週間ほど干すと完全な保存用干柿となる。
	凍結脱渋	貯蔵を兼ねて渋柿を冷凍庫（-15～-20℃）に1ヵ月程度置く。解凍後は実が著しく軟化するため生食ではなく、シャーベット等、加工に向く。
そ の 他 の 脱 渋 法	水漬け脱渋	適当な容器に水をはり、その中に柿を浸し数日おく。水に1～2握り程度の塩を加えることもある。
	灰汁脱渋	わら灰やそばがらな等の灰汁中に柿を数日漬ける。湯抜きや水漬けと同様、皮のひび割れや味の淡白化が起こりやすく、日持ちが悪い欠点がある。
	籾殻包み脱渋	ある程度熟した渋柿を木箱に満たした籾殻のなかに埋め、やや軟らかくなるまで数日おく。甲州百目や甘味の強い西条柿が好適品種である。
	焼き脱渋	渋柿を炭火やいろりなどの直火にかざして焼く。静岡の焼柿米や山梨のじんじい柿、富山の焼柿落雁などはこの方法によるもの。
	石灰脱渋	“砂まぶし”ともいわれ、消石灰と水をゆるく練り混ぜ、この中に渋柿を埋める。3日ほどして取り出し、風乾して消石灰をふき取り除く。

2.3. 糖度測定

キウイフルーツの中心と外側が均一に採取されるよう果実の赤道部から輪切り状に10g計りとり搾汁し、シリンジフィルター（ポアサイズ0.45 μm ）にてろ過した後、手持ち屈折糖度計（ATAGO ATC-1E）にて測定した。10、15、20%のショ糖溶液を標準溶液として調製し、測定値の補正を行った。

3. 結果と考察

渋柿（蜂矢）に対し、4つの処理法を用いて脱渋を行い、それぞれの脱渋方法による果実中AsAの酸化の違いを調べたところ図4のような結果になった。脱渋柿は、近年甘柿よりも価格が比較的安く、実がやわらかく種が無いことから人気となり、大量に出回るようになった。現在その脱渋において処理の簡便性と脱渋の確実性からCO₂処理が主流になりつつあるが、今回の実験結果からもCO₂処理したものが最もAsAの損失が少なく、AsA摂取の観点からも最も好ましい処理方法であることが明らかになった。アルコール処理したものとCO₂処理したものでは味（甘さ、硬度）においていずれも好ましい状態で、食味テストによる有意差はなかった。しかし、処理日数

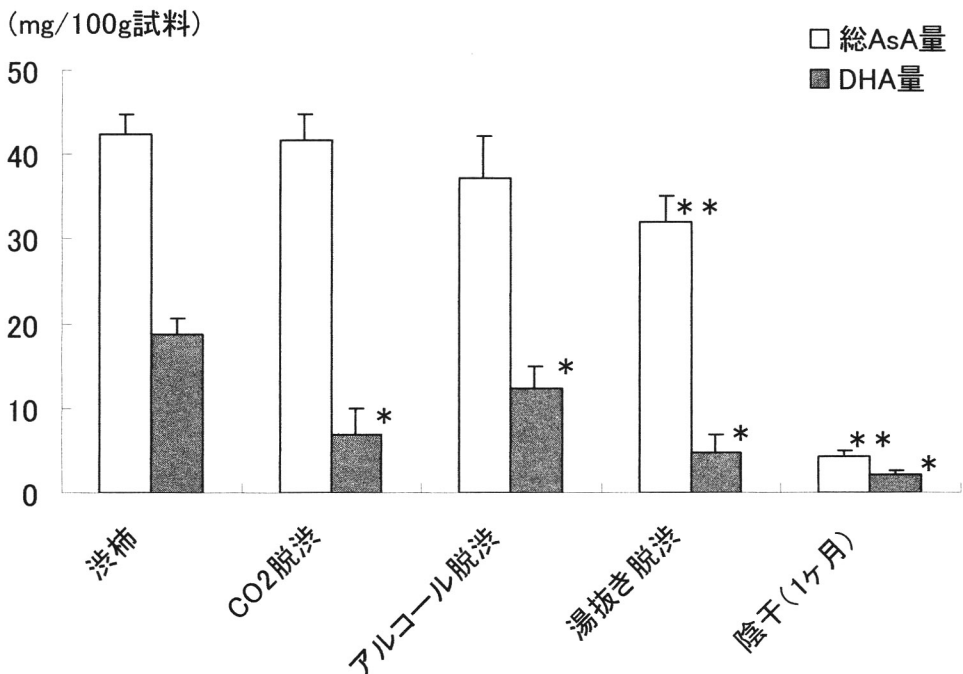


図4 渋柿と各種脱渋処理後のAsA量とDHA量

それぞれの処理法における統計量 n=4

*P < 0.05: 脱渋前の渋柿のDHA量に対して

**P < 0.05: 脱渋前の渋柿の総ASA量に対して

も等しい両処理法において有意差はないものの、AsA の酸化はアルコール処理したもののほうが進んでいた。果物において貯蔵期間延長や追熟操作のために、温度コントロール以外にガスコントロールはよく行われる。渋柿の場合、ガスコントロールが脱渋目的だけではなく、柿の AsA の酸化を抑える上でも有効であることが示唆された。甘柿や他の果物における AsA の酸化防止に対し、ガスコントロールの有効性は不明だが、果実の流通において今後必要なデータと考えられる。また、CO₂ 処理したのもアルコール処理したのも脱渋前と総 AsA 量において統計的な差異はなく、大きな減少は認められなかった。このことから、タンニンの凝集反応において酵素の関与はありとされているが、AsA の関与はないと推察された。渋のもとであるタンニンにはラジカル捕捉活性があるため（石橋ら 2003）、渋柿中の AsA はタンニンの存在によって比較的酸化分解を受けにくいと考えられ、渋柿において AsA の酸化は可溶性タンニンがなくなった脱渋後に加速的に進むと予想したが、ラジカル反動的なアタックとは別に外的な要因として、温度による直接的な影響を渋柿中の AsA は受けやすく、酸化分解しやすいことが湯抜き処理の結果から推察された。また、湯抜き法の処理期間は 1 日と、アルコール処理や CO₂ 処理に比べて非常に短いにもかかわらず、湯抜き処理した柿の硬度はアルコール及び CO₂ による脱渋柿に比べて著しく低下した。このことから、AsA はタンニンの凝集反応には関与しないが、追熟時に起こる一般的な変化である軟化について密接に関わっていることが推察された。動物におけるコラーゲンの合成に AsA が重要な働きをすること、比較的硬い表皮や形質を持つ植物（例：瓜系植物や人参など）が AsA 酸化酵素を持ち、これら植物の自己消化時に働く傾向が見られることを考慮すると、植物におけるペクチン質の形成や崩壊に AsA と AsA の酸化分解反応が重要な役割を果たしている可能性は十分考えられる。

次に干柿の結果についてだが、処理期間が他の処理法に比べて長く、外皮が除かれることから AsA の酸化は著しく、柿の品種による差異が大きいとされているが、AsA 含有量についてこれまでに報告されている値とほぼ同じ結果であった（石橋ら 2003）。干柿製造中の柿の変化を簡単に説明する。渋柿ははく皮されるとすぐに表面が皮膜化し、乾燥開始 5 日後ぐらいからアセトアルデヒドが生成され、アセトアルデヒドの生成によりタンニンの凝集が始まり、10 日前後でタンニンの凝集が完了し、あんば柿として食せる状態になる。さらに長期保存用には、カビ防止のための脱水と、ショ糖→果糖、ブドウ糖の酵素的分解による糖度上昇を十分促すため、2 週間ほど陰干しがなされ干柿となる（平ら 1988）。渋柿の場合、外皮を除かれた後も、皮膜形成と特に渋柿中のタンニンの効果によって、AsA の酸化は他の果物に比べて抑制される可能性を予想したが、実験でははく皮後 1 日で AsA は激減することが確認され、柿渋のタンニンの抗酸化性は、外皮除去によって与えられる酸化障害に対してあまり効果がないことが推察された。そこで、果実の外皮除去が与える酸化障害の度合いについて、AsA の酸化分解の観点から検討した。AsA が比較的安定で高濃度に含まれるキウイフルーツを用いて実験を行った。キウイフルーツは購入後、その硬度から食べ頃と判断される時期まで冷蔵庫で保存し、一方は皮付きのまま室温（15℃）に放置し、もう一方は丸ごと皮をむいて、室内（15℃）にて陰干しを行い、1 日毎に AsA 量の測定を行った。結果を図 5 に示した。外皮を除いたほうの AsA の減少は、渋柿における AsA の減少勾配と類似しており、この結果からも、渋柿中のタンニンの抗酸化能は外皮除去による酸化障害に対して寄与しないことが推察された。キウイフルーツの結果から、皮を除いた場合の AsA の酸化速度は皮有りの場合の

約 1.9 倍と、外皮が果肉内部を酸化からまもる働きは非常に大きいこと、さらに、外皮有り・外皮無しいずれの場合も、第一日目の AsA の減少が大きかったことから、果実中の AsA が保存温度の影響を予想外に強く受けることが明らかになった。また、キウイフルーツの実験開始後 4 日目に、外皮なしの方の糖度上昇、AsA の酸化促進を表す DHA 量の急激な増加が見られ、この時に形質上、著しい軟化傾向が確認された。このキウイフルーツの結果からも AsA の酸化反応及び酸化生成物が果実の軟化に対する引き金となっていることが考えられ、このことはなぜ生物が進化の過程で AsA を作り出し、利用してきたかという未だ明らかにされていない大きな問題に関連し興味深いと考えられた。

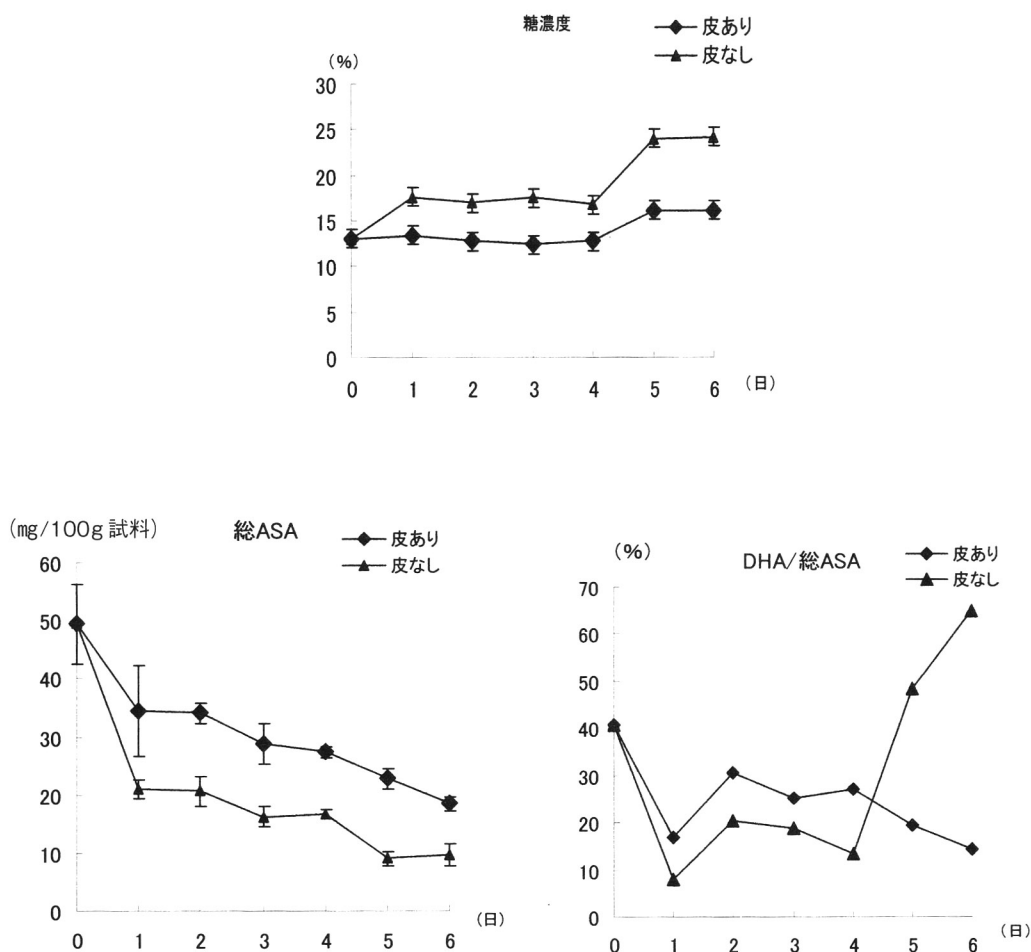


図5 キウイフルーツの追熟における糖度変化と AsA の酸化動態

4. まとめ

渋柿の脱渋機構においては未だその詳細は明らかにされていないが、今回の実験から柿の脱渋反応に AsA は関与していないことが推察可能となった。渋柿の脱渋方法としては CO₂ 脱渋が最も優れていることがその食味と AsA の酸化抑制の面から明らかになった。果実中の AsA の酸化は、貯蔵中の酸素量に左右されるとともに、温度の影響を非常に受けやすいことが明らかになった。また、果実の追熟時に起きる果肉の軟化において、AsA の酸化反応及び AsA の酸化物が作用している可能性が推察された。果実の外皮が外気酸素から自身を保護する作用は強く、カット野菜やフルーツの栄養の損失は大きく、今後の更なるデータ収集と検討が必要なものと考えられた。最近スーパーなどでフルーツがカットされて一人分用として売られることが多くなったが、このようなジュースのように潰されていない場合でも、外皮を失っているだけで AsA の損失は大きいことが今回の研究から推察された。冷凍野菜などの加工食品において、AsA をはじめとする栄養素の損失が問題にされているが（山口ら 1998）、フルーツがカットされて販売される場合も、この場合は低温保存であるだけに栄養素の損失は大きいと考えられ、衛生面だけでなく、栄養素の保持の面からも包装形態の検討が今後必要であると考えられた。

引用文献

- Bode, A. M., L. Cunningham and R. C. Rose. 1990. Spontaneous decay of oxidized ascorbic acid (dehydro - L - ascorbic acid) evaluated by high-pressure liquid chromatography. *Clin.Chem.*, **36**, 1807-1809.
- Nishikawa, Y., Y. Toyoshima and T. Kurata. 2001. Identification of L-threosone as an intermediate compound in oxidative degradation of DHA and DKG in D₂O phosphate buffer. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **65(8)**, 1707-1712.
- Nishikawa, Y., B. Dmochowska, J. Madaj, J. Xue, Z. Guo, M. Satake, D.V. Reddy, P. L. Rinaldi and V. M. Monnier. 2003. Vitamin C metabolomic mapping in experimental diabetes with 6-deoxy - 6 - fluoro - ascorbic acid and high resolution 19F - nuclear magnetic resonance spectroscopy. *Metabolism*, **52(6)**, 760-770.
- Nishikawa, Y. and T. Kurata. 2000. Chemical characteristics of dehydro-L-ascorbic acid. *Biosci. Biotech. Biochem.*, **64(8)**, 1651-1655.
- 五十嵐 脩. 2000. からだとビタミンの知識. pp. 50 - 51, オーム社.
- 石橋 仁子・高村 仁知・的場 輝佳. 2003. 干柿の製造過程におけるラジカル捕捉活性の変化. *日本家政学会誌*, **54(6)**, 449 - 456.
- 板村 裕之・福嶋 忠昭. 1989. 数種の処理がカキタンニンの挙動に及ぼす影響. *山形大学紀要（農学）*, **10(4)**, 917 - 922.
- 大坂 武男・井上 正康・大澤 俊彦・荒金 久美. 1993. 活性酸素. pp. 67 - 93, 丸善.
- 木村 修一・小林 修平. 2002. 最新栄養学（第8版）. pp. 208 - 220, 建帛社.
- 倉田 忠男. 1989. ビタミンハンドブック 水溶性ビタミン. 日本ビタミン学会編, pp. 171 - 191, 化学同人.
- 実務出版第二編集部. 2000. カラーグラフ五訂食品成分表. 208 pp., 実務出版株式会社.
- 傍島 善次. 1986. 健康食 柿. 211 pp., 農山漁村文化協会.
- 平 智・石垣 仁・渡部 俊三. 1988. カキ‘平核無’果実におけるはく皮乾燥中の化学成分及び果肉組織の変化. *山形大学紀要（農学）*, **10(3)**, 613 - 620.
- 平 智・渡部 俊三. 1995. カキ‘平核無’果実の凍結及び回答にともなう可溶性タンニンの変化. *山形大学紀要（農学）*, **12(2)**, 119 - 123.

- 平山 雄. 1995. がん予防ビタミン最前線. pp. 78 - 92, 裳華房.
- 山口 智子・芳賀 しのぶ・永井 敬子・高村 仁知・的場 輝佳. 1998. 市販の生鮮野菜および調理加工済み野菜におけるビタミンC含量の実態調査. 日本家政学会誌, **49(11)**, 1241 - 1247.