

## カキ果実の脱渋機序の解明ならびに長期貯蔵に関する研究

誌名	日本食品保蔵科学会誌
ISSN	13441213
著者	平, 智
巻/号	35巻1号
掲載ページ	p. 29-35
発行年月	2009年1月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



# カキ果実の脱渋機序の解明ならびに長期貯蔵に関する研究

平成20年度日本食品保蔵科学会学会賞

平 智\*§

\* 山形大学農学部

## Studies on New Factors Related to Astringency Removal and Long-Term Storability in Persimmon Fruit

TAIRA Satoshi\*§

\* Faculty of Agriculture, Yamagata University, 1-23, Wakaba-machi, Tsuruoka, Yamagata 997-8555

**Key words** : astringency, astringency removal, fruit quality, persimmon, storability

渋味, 脱渋, 果実品質, カキ, 貯蔵性

### 1. はじめに

渋ガキ果実の渋味が脱渋処理によって消失するのは、渋味の原因物質である可溶性のカキタンニンが果実内に生じたアセトアルデヒドによって不溶化するためであることはよく知られているところである<sup>1)~6)</sup>。つまり、強烈な渋味を呈する高分子ポリフェノールである可溶性タンニンは、各種脱渋処理によって果肉中に生成したアセトアルデヒドによって、あたかもフェノール樹脂が固まるように縮合して不溶化し、その結果渋味が感じられなくなるのである。

従来から、このアセトアルデヒドによる可溶性タンニンの縮合説は渋ガキ果実の脱渋メカニズムの定説とされてきた。しかし、一方で脱渋へのアセトアルデヒドの関与が考えにくいケースやアセトアルデヒド以外の要因の存在も示唆されてきた<sup>1), 7)~10)</sup>。

例えば、渋ガキ果実を凍結した後に解凍すると渋味の明らかな減少が観察されるが、それらの過程では果肉にアセトアルデヒドの生成や蓄積がほとんど認められない<sup>7), 8)</sup>。また、アルコール脱渋では処理によって果肉細胞の浸透圧が変化し、タンニン細胞が脱水されることで液胞中のタンニンが不溶化する可能性<sup>9)</sup>やタンニンが果肉細胞中の糖と結合することによって不溶化するのではないかとする仮説<sup>10)</sup>などが提出されている。

本稿ではまず、渋ガキ果実の各種脱渋過程における渋味の減少にかかわるアセトアルデヒド以外の要因として、筆者らが最近提案した2つの新しい要因について解説する。

つぎに、渋ガキ脱渋果の加工利用を考える際の最も重

要な問題の一つである「渋もどり」現象（いったんは消失した渋味が加熱処理や酸の添加などによって再び出現すること）の評価法と渋もどりにくい果実を確保する方法について考察する。

さらに、プラスチックフィルムで包装した渋ガキ果実の長期貯蔵性に関する最近の研究結果を紹介することにしたい。

なお、カキ果実の脱渋とそのメカニズム全般に関する解説については筆者の別の総説<sup>5), 6)</sup>を、また、カキ果実の収穫後の軟化ならびに貯蔵問題については既往の報告や総説<sup>1), 11)~13)</sup>を合わせて参照していただきたい。

### 2. 渋ガキの脱渋にかかわる新しい要因

渋ガキ果実の収穫後の追熟に伴う脱渋（いわゆる熟柿）やはく皮乾燥脱渋（いわゆる干し柿）のように果肉の軟化を伴う脱渋過程では、渋味の原因物質である果肉中の可溶性タンニン濃度の減少より明らかに先だって渋味の減少が観察される。

また、渋ガキ果実の凍結および解凍に伴う脱渋過程では、果肉へのアセトアルデヒドの蓄積がほとんど認められないにもかかわらず可溶性タンニンの不溶化が進行する。

これらの事実は、渋ガキ果実の脱渋（渋味の減少）にアセトアルデヒド以外の要因が深くかかわっている場合があることを示唆している。

#### (1) ペクチンとタンニンの複合体形成

まず、渋ガキ果実における果肉の軟化を伴う場合の渋味の減少に注目した。

カキ果実においてもほかの多くの果実と同様に、果肉

\* 〒997-8555 山形県鶴岡市若葉町1-23

§ 連絡先 E-mail : staira@tds1.tr.yamagata-u.ac.jp

が軟化するのに伴って細胞壁の構成成分であるペクチンなどの多糖類がしだいに水溶化することが知られている<sup>12)~14)</sup>。

そこで、渋ガキ果実から得た果汁あるいは果実から精製されたタンニンの水溶液と市販のペクチンの水溶液をさまざまな濃度で混合して混合液の渋味の変化をみた。すると、水溶性ペクチンの存在は果汁および精製タンニンの渋味を効果的に減少させた。混合液の渋味の程度は、フォーリン・デニス法よりタンパク結合法によって測定したタンニン濃度とほぼよく一致していた(表1)<sup>15)</sup>。

インタクトな果実の収穫後の追熟過程でも、軟化の進行に伴ってペクチンの可溶化とともに渋味の減少が進むことが明らかであった(表2)<sup>15)</sup>。

本稿では紙幅の都合で詳しい説明を省略するが、一連のモデル実験とインタクトな果実を用いた実験結果<sup>15)</sup>から、渋ガキ果実の果肉の軟化を伴う脱渋過程においては、軟化に伴って可溶化したペクチン(水溶性ペクチン)が可溶性タンニンと複合体を形成(complex formation)することによって渋味が減少しているものと考えられた。

## (2) 細胞組織断片へのタンニンの吸着

一般に、果実の軟化に伴って果肉細胞組織の崩壊が進行する。このような軟化に伴って生じた細胞組織の断片に可溶性タンニンが吸着することによって不溶化する可能性をモデル実験等によって確かめた。

まず、収穫後しばらく常温に保持して軟化しかかったインタクトな渋ガキ果実を果皮を破らないように手でやさしくマッサージした(もんだ)ところ、マッサージの

直後にもはや果肉の渋味は明らかに減少し、可溶性タンニンの一部が不溶化していた(図1)。このことは、マッサージによって果肉が崩壊して、果実中に生じた果肉細胞断片への可溶性タンニンの吸着が促進され不溶化が進んだものと考えられた。

なお、マッサージ後24時間が経過すると、果肉に少量のアセトアルデヒドが蓄積するとともにタンニンの不溶化がさらに進み、その結果渋味がほとんど感じられなくなった<sup>16)</sup>。

表2 果実の収穫後の軟化に伴う可溶性タンニン含量と渋味の変化

軟化度 <sup>a</sup>	渋味(スコア) <sup>b</sup>		可溶性タンニン (mg/gFW)
	咀嚼前	咀嚼後	
I	3.5	4.0	15.15±0.04 <sup>c</sup>
II	1.0	3.5	16.61±1.25
III	0.0	2.5	12.23±1.52
IV	0.0	0.0	0.51±0.04
有意性 <sup>d</sup>	*	*	*

a I:十分に硬い, II:全体にかなり軟いがしっかりしている, III:指で押すと崩壊するか果肉の一部が水浸状, IV:非常に軟弱か果肉の一部が崩壊している。

b 0:渋くない, 1:ほとんど渋くない, 2:やや渋い, 3:かなり渋い, 4:きわめて渋い(必要に応じて0.5, 1.5, 2.5, 3.5の評価も可)。3人のパネリストの平均値。

c 平均±SE (n=3)。

d NPAR1WAY (Kruskal-Wallis) テストによる有意性。

\*:5%レベルで有意。

表1 ペクチンとタンニンの混合液の可溶性タンニン含量と渋味

混合液	渋味(スコア) <sup>a</sup>	可溶性タンニン (mg/ml)	
		タンパク結合法	Folin-Denis法
果汁			
+蒸留水	4.0	10.39±0.16 <sup>b</sup>	11.04±0.10
+0.1%ペクチン	3.7	7.32±0.14	11.06±0.09
+0.5%ペクチン	2.7	7.83±0.52	11.12±0.02
+1.0%ペクチン	1.5	2.07±0.45	11.50±0.01
+2.0%ペクチン	1.0	1.76±0.21	11.41±0.09
有意性 <sup>c</sup>	***	***	**
1.0%精製カキタンニン			
+蒸留水	3.3	4.50±0.05	5.21±0.07
+0.1%ペクチン	3.2	3.99±0.16	5.22±0.05
+0.5%ペクチン	2.2	2.62±0.05	5.39±0.09
+1.0%ペクチン	1.8	2.20±0.12	5.30±0.04
+2.0%ペクチン	1.3	2.17±0.14	5.36±0.09
有意性	***	***	NS

a 0:渋くない, 1:ほとんど渋くない, 2:やや渋い, 3:かなり渋い, 4:きわめて渋い(必要に応じて0.5, 1.5, 2.5, 3.5の評価も可)。3人のパネリストの平均値。

b 平均±SE (n=3)。

c xをペクチンの濃度, yを渋味のスコアあるいは可溶性タンニン含量としたときの回帰式:  $y=ax+b$  の有意性。

\*\*\*:0.1%レベルで有意, \*\* = 1%レベルで有意, NS:有意差なし。

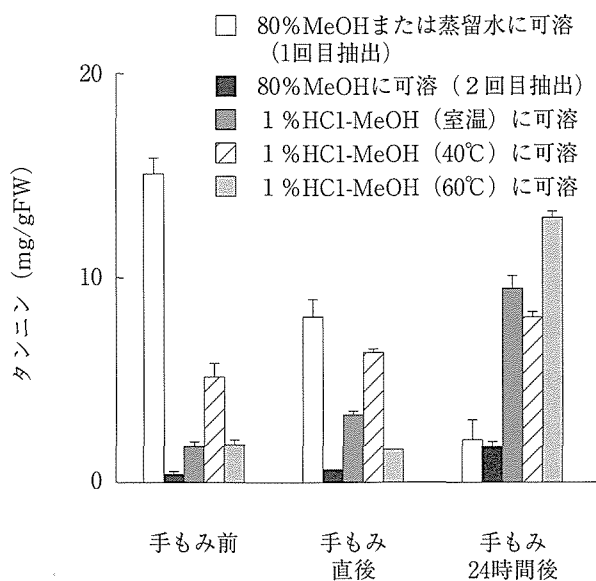


図1 手もみ処理がインタクトな果実のタンニンの不溶化に及ぼす影響 (縦線はSEでn = 3)

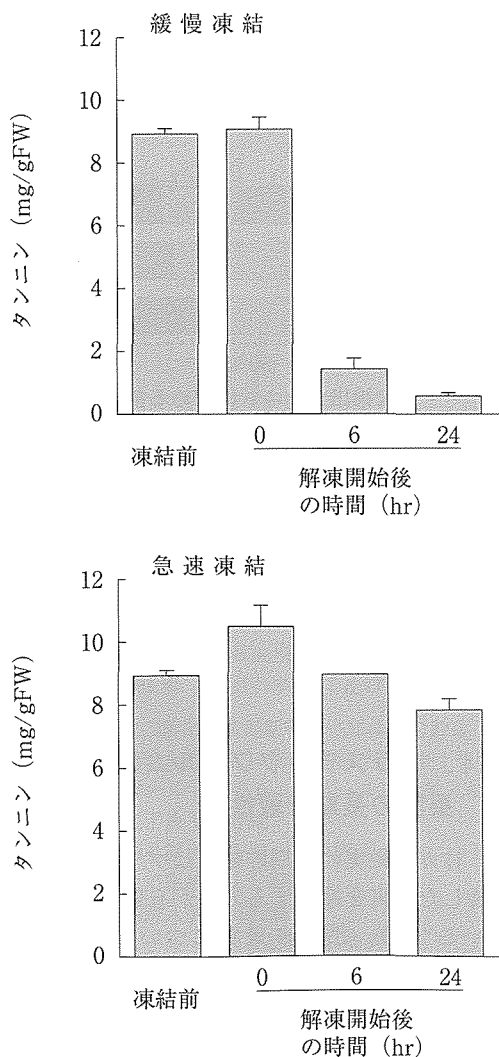


図2 凍結速度が果肉の解凍過程における可溶性タンニン含量に及ぼす影響 (縦線はSEでn = 3)

細胞組織の崩壊は、植物組織をゆっくりと凍結する過程でも認められることはよく知られている<sup>17), 18)</sup>。

そこで、凍結速度を変えることによって渋ガキから調製した果肉スティックの細胞組織の破壊の程度に違いを生じさせ、その影響をみる実験を行った。

通常のフリーザーを用いて緩慢凍結させた果肉スティックと液体窒素中に直接投入することによって急速凍結させた果肉スティックの間には、解凍後の可溶性タンニンの不溶化の程度に大きな違いが認められた。

すなわち、緩慢凍結した果肉スティックでは可溶性タンニンの大幅な不溶化が認められ渋味を感じなくなったが、急速凍結した果肉スティックでは可溶性タンニンの不溶化はほとんど認められず渋いままであった(図2)。

これらの果肉組織を走査型電子顕微鏡によって観察したところ、緩慢凍結したものは細胞組織の破壊の程度が甚大であったのに対して、急速凍結したものは凍結前とほとんど変わらない状態であることがわかった<sup>19)</sup>。

以上のような実験の結果から、渋ガキ果実の脱渋にかかわるアセトアルデヒド以外の要因として、可溶性タンニンと水溶性ペクチンとの複合体形成ならびに細胞組織断片への可溶性タンニンの吸着という新しい2つの要因を提案した。ただし、実際の脱渋過程ではこれらの要因が相互に、あるいはこれらの要因とアセトアルデヒドが複合的に作用している場合もあるものと推察される。

### 3. 渋もどりからみた果実の加工適性

渋ガキ果実を脱渋後に加工利用する際、いわゆる「渋もどり」現象がしばしば問題になることがある。このことが渋ガキ果肉の加工利用を難しくしている主な原因の一つであるが、その詳細や解決策についてはこれまであまり明らかにされてこなかった。

そこで、今までに報告されている不溶性タンニンの可溶性に関する知見<sup>20), 21)</sup>などを参考にして、いったん脱渋を完了させた果実の不溶性タンニンを一定条件のもとで順次抽出し、抽出画分ごとにその量を測定することによって渋もどりのしにくさを相対的に評価する方法を考案した<sup>22)</sup>。

この方法を用いて、脱渋方法や貯蔵期間の違いが渋もどりのしにくさに及ぼす影響について検討を加えた。

#### (1) 脱渋方法と渋もどりのしにくさ

渋ガキ果実の脱渋方法にはアルコール脱渋や炭酸ガス(二酸化炭素)脱渋をはじめ、はく皮乾燥脱渋(干し柿)や追熟脱渋(熟柿)などさまざまな方法が知られている<sup>1), 5), 6)</sup>。

そこで、数種類の異なる方法で脱渋した渋ガキ果実の渋もどりのしにくさを比較した結果、凍結・解凍処理した果実はアルコール脱渋や炭酸ガス脱渋した果実に比べて渋もどりしやすいことが明らかであった(図3)<sup>22)</sup>。また、炭酸ガス脱渋した果実よりも干し柿やあんぼ柿(半乾燥の干し柿)にした果実の果肉の方が渋もどりし

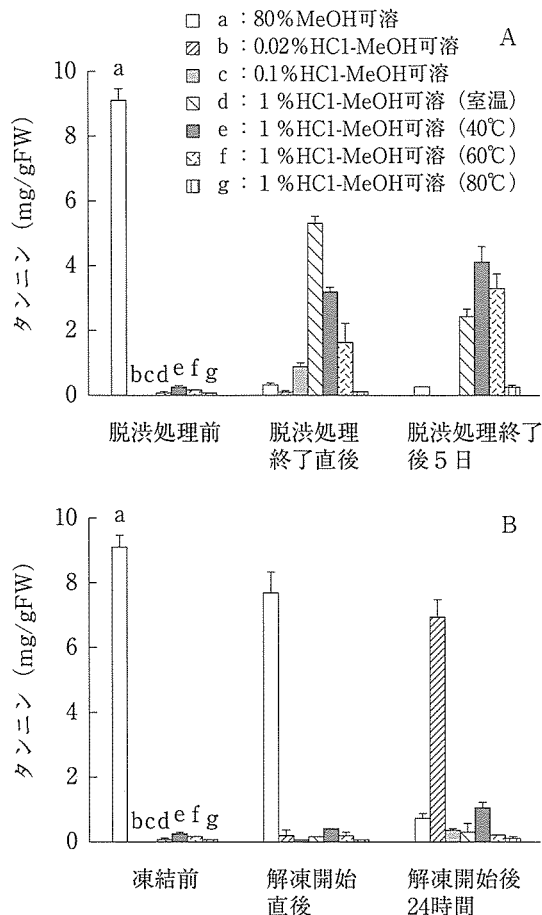


図3 二酸化炭素処理 (A) ならびに凍結・解凍処理 (B) がカキ '平核無' 果実の渋もどりに及ぼす影響 (縦線は SE で  $n = 3$ )

にくい傾向があることがわかった<sup>23)</sup>。

以上のことから、渋ガキの果肉を加工利用する際には、現在最も一般的かつ工業的な脱渋方法である炭酸ガス処理で脱渋した果実よりも干し柿にした果肉を用いるほうが渋もどりの危険性が低いものと考えられた。

#### (2) 貯蔵期間が渋もどりに及ぼす影響

また、脱渋後の果実の貯蔵 (冷蔵) 期間の長短が渋もどりのしやすさに影響を及ぼすことが明らかになった。

この実験結果は、固形アルコールを入れた小型のポリ袋で樹上の果実を2~3日間被袋することによって脱渋した樹上脱渋果<sup>24)~26)</sup>について検討した結果であるが、収穫後の冷蔵貯蔵期間が長くなるほど脱渋果の果肉は渋もどりにしにくくなる傾向が認められた。なお、この傾向は樹上脱渋の処理時期が遅い果実ほど明確に認められた (図4)<sup>23)</sup>。

このことから、渋ガキ果実の果肉をいったん冷蔵貯蔵して加工利用する際には、貯蔵の期間や条件の違いも渋もどりのしやすさに影響を及ぼす可能性があるものと思われる。

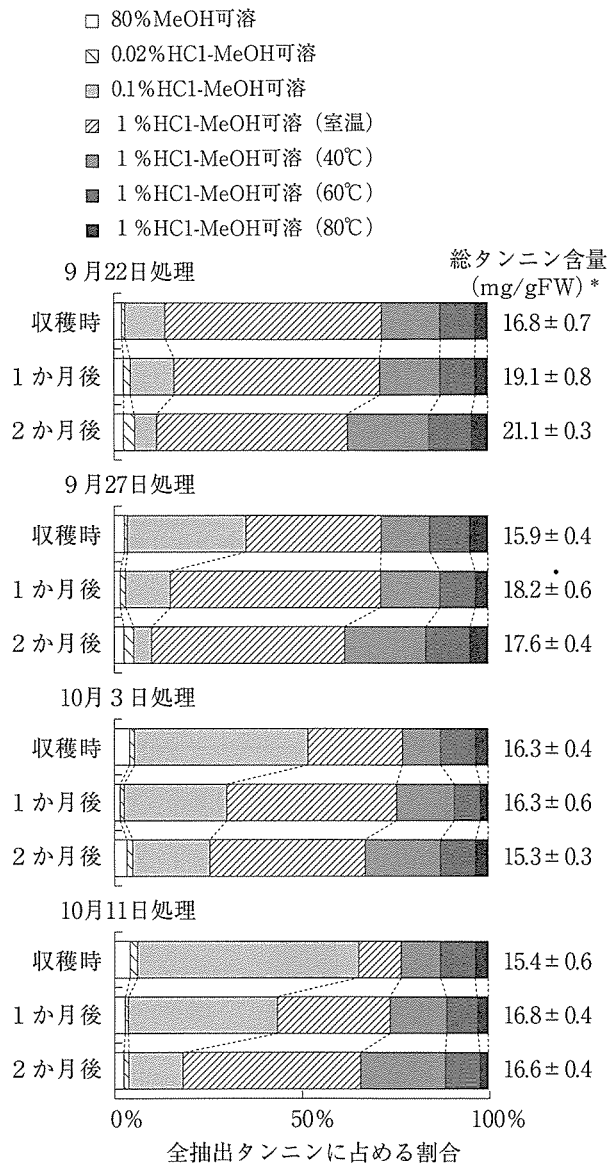


図4 樹上脱渋の処理時期ならびに冷蔵貯蔵に期間がカキ '平核無' 果実の渋もどりのしやすさに及ぼす影響

凡例はそれぞれの溶媒で抽出されたタンニンを示す。総タンニン含量は平均 ± SE ( $n = 6$ )。

#### 4. プラスチックフィルム包装した果実の長期貯蔵性

さて、甘ガキ果実の長期貯蔵にはプラスチックフィルムで包装した果実を冷蔵する方法が有効であることが知られている<sup>1), 11)</sup>が、渋ガキ果実については文室らの報告<sup>27), 28)</sup>のほかにあまり詳しく検討されていない。

そこで、渋ガキ脱渋果の出荷期間の拡大を目的としたより有効な長期貯蔵法の開発を目指して、脱渋方法や果実の収穫熟度が長期貯蔵性に及ぼす影響について検討した。

(1) 脱渋方法と果実の長期貯蔵性

まず、渋ガキ果実の長期貯蔵に際しては、脱渋完了後に貯蔵するのがよいのか、脱渋しながら貯蔵する（果実を利用する時点までに脱渋を完了させる）のがよいのかについて検討した。

その結果、図5に示したとおり、収穫後に炭酸ガス処理（高濃度二酸化炭素短時間処理）によって脱渋を完了させた果実を直ちにエチレン吸収剤とともにプラスチックフィルムで個別包装して1℃で冷蔵する方法が最も優れていることがわかった<sup>29)</sup>。

また、アルコール樹上脱渋果もプラスチックフィルムで個別包装して冷蔵貯蔵すると、炭酸ガス脱渋果には及ばないものの、1℃で約3か月間の長期貯蔵が可能であった（図6）<sup>30)</sup>。なお、樹上脱渋果は貯蔵中の果肉高度の低下が炭酸ガス脱渋果よりむしろ緩やかで、年末年始

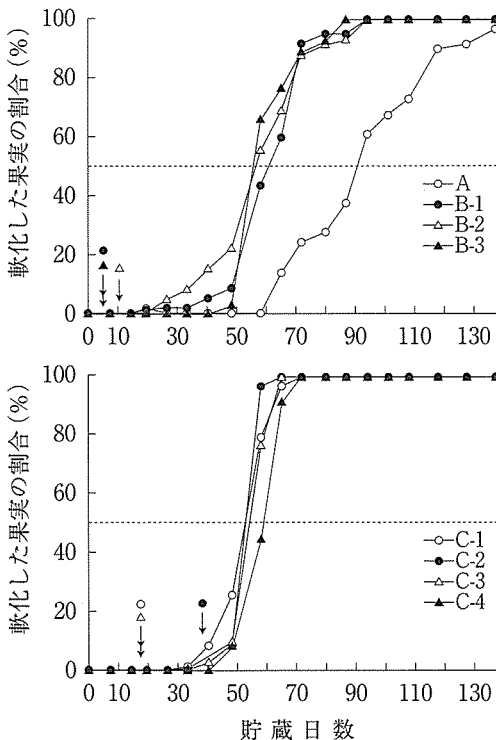


図5 脱渋方法ならびに貯蔵温度がプラスチックフィルム包装したカキ‘平核無’果実の軟化に及ぼす影響

- A : CTSD（高濃度二酸化炭素短時間）処理後1℃貯蔵
  - B-1 : 二酸化炭素封入後20℃に置いて脱渋完了後1℃貯蔵
  - B-2 : 固形アルコール（シリカエタノール）を封入後20℃に置いて脱渋完了後1℃貯蔵
  - B-3 : 二酸化炭素と固形アルコールの両方（B-1+B-2）で20℃に置いて脱渋後1℃貯蔵
  - C-1 : 二酸化炭素封入後5℃貯蔵
  - C-2 : 固形アルコール（B-2と同様）を封入後5℃貯蔵
  - C-3 : 二酸化炭素と固形アルコールの両方（B-3と同様）を封入後5℃貯蔵
  - C-4 : 包装するだけ（脱渋剤なし）で5℃貯蔵
- 各区とも60果実のうちの軟化して果実の割合を示す。図中の矢印はそれぞれの処理区の脱渋が完了した日。ただし、C-4区は貯蔵期間中に脱渋が未完了。

の贈答用果実としての出荷も可能であると判断された（図7）<sup>30)</sup>。

(2) 果実の熟度が貯蔵性に及ぼす影響

つぎに、アルコール樹上脱渋果を用いて果実の収穫熟度が長期貯蔵性に及ぼす影響について検討した。

その結果、果面全体に着色する時期よりも少し前に取

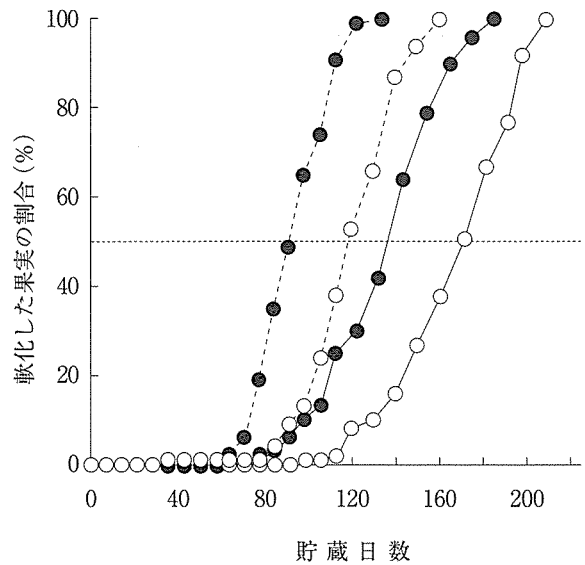


図6 樹上脱渋ならびに炭酸ガス脱渋したカキ‘平核無’果実の冷蔵貯蔵中における軟化した果実の割合の推移

- 樹上脱渋（1℃）
  - 炭酸ガス脱渋（1℃）
  - 樹上脱渋（5℃）
  - 炭酸ガス脱渋（5℃）
- 果実はいずれもプラスチックフィルムで個装した。

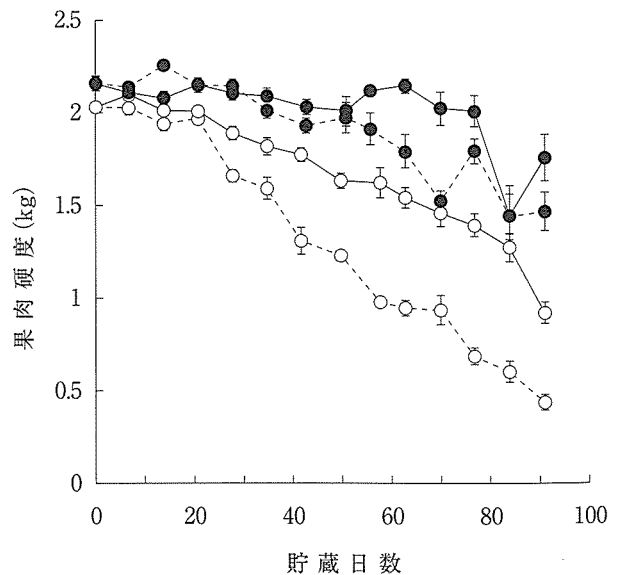


図7 樹上脱渋ならびに炭酸ガス脱渋したカキ‘平核無’果実の冷蔵中における果肉硬度の変化

- 樹上脱渋（1℃）
  - 炭酸ガス脱渋（1℃）
  - 樹上脱渋（5℃）
  - 炭酸ガス脱渋（5℃）
- 果実はいずれもプラスチックフィルムで個装した。図中の縦線は標準誤差（n=5）。

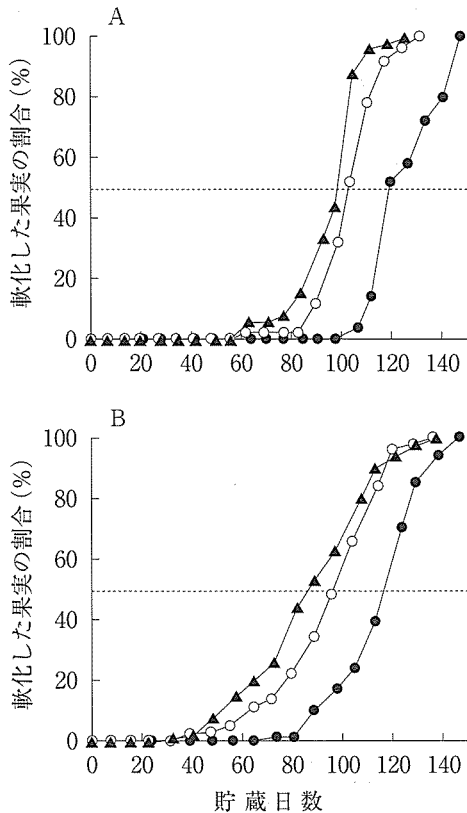


図8 収穫時期の違いがプラスチックフィルム包装したカキ‘平核無’樹上渋果の貯蔵中の軟化に及ぼす影響

A : 1℃貯蔵, B : 5℃貯蔵

● : 11月2日収穫, ○ : 11月10日収穫, ▲ : 11月16日収穫

穫した果実の方が全面着色果やそれより後に収穫した果実よりも高い貯蔵性を示した(図8)<sup>30)</sup>。

収穫後にアルコール脱渋した果実の貯蔵性は、未熟果や過熟果よりも全面着色果で最も優れていた<sup>12)</sup>ことから、渋ガキ果実を樹上で脱渋すると甘ガキ果実に似た貯蔵特性<sup>1), 11)</sup>を示すようになることが示唆された。

## 5. おわりに

本稿では、まず渋ガキ果実の渋味の減少にかかわるアセトアルデヒド以外の新しい要因として筆者らが提案した、ペクチンとタンニンによる複合体形成と細胞組織断片へのタンニンの吸着という2つの要因について解説した。

しかし、これらの要因間の相互関係やこれらの要因とアセトアルデヒドとの相互作用についてはまだほとんど明らかになっていない。実際の渋ガキ果実の果肉細胞の中ではおそらく、これらの要因をはじめ、先に紹介したアセトアルデヒド以外の要因、さらにはまだ明らかでない未知の要因などが複雑に影響し合っているものと推察される。渋ガキ果実の脱渋にかかわる諸要因間の相互作用については今後の検討課題である。

また、これまで渋ガキ果肉を加工利用する際に最も大きな障害となっていた「渋もどり」現象に関して得られ

た一定の知見についても紹介したが、これについては、さらに実用的なレベルの研究が必要であると考えられる。加工利用に際しての食品素材の加熱条件や酸などの添加物の種類や量などによっても、また加工に供するカキ果実の品種によっても結果が異なってくる可能性が高いと考えられるからである。今後はより実用的な条件のもとでデータを蓄積していく必要がある。

果実の長期貯蔵に関しては、貯蔵にかかるコストの問題を考慮しながら、それぞれの目的に合わせた方法を採用する必要があるだろう。例えば、かなり長期間に及ぶ貯蔵をねらうときには、温湿度条件がより安定し、エネルギーコストも抑えられると考えられる雪室施設などの利用が有効であると思われる。

今後も一步一步、少しずつ、これらの検討課題に対して有益な知見が得られるような研究を進めることができればと念じている。

**謝 辞** 本研究に対して平成20年度日本食品保蔵科学会学会賞が授与されたことに際して、筆者をカキ果実の脱渋研究に導いてくださった大阪府立大学名誉教授の岩田隆先生(故人)ならびに京都大学名誉教授の苦名孝先生(故人)と杉浦明先生にまず感謝申し上げます。

一連の研究を進めるにあたっては、山形大学農学部果樹園芸学研究室の関係者各位ならびに専攻生のみなさんの惜しめない協力を得ることができました。

また、山形県立砂丘地農業試験場(現山形県庄内総合支庁産地研究室)、JA全農山形庄内本部(旧山形県庄内経済連)ならびに第一包装㈱の関係者各位にはさまざまなお世話になりました。心よりお礼申し上げます。

さらに、岡山大学名誉教授の中村怜之輔先生、島根大学生物資源科学部の板村裕之教授ならびに大阪府立大学農学部園芸利用学(青果品質保全学)研究室のスタッフの方々や諸先輩各位には数々の助言と絶え間ない激励をいただきました。ここに衷心より感謝申し上げます。

## 文 献

- 1) 北川博敏: カキの栽培と利用(養賢堂, 東京)(1970)
- 2) 松尾友明: カキタンニンの化学特性と収穫後の脱渋機構, 園学シンポ要旨, 平元秋, 119~125 (1989)
- 3) MATSUO, T., ITOO, S. and BEN-ARIE, R.: A model experiment for elucidating the mechanism of astringency removal in persimmon fruit using respiration inhibitors, *J. Japan. Soc. Hort. Sci.*, **60**, 437~442. (1991)
- 4) TAIRA, S.: Astringency in persimmon, LINSKINS, H. F. and JACKSON, J. F. (eds.), *Modern methods of plant analysis*, vol. 18, Fruit analysis, (Springer-Verlag, Berlin), pp. 97~110 (1996)
- 5) 平 智: カキの脱渋とそのメカニズム [1], 農業

- および園芸, 78, 578~589 (2003)
- 6) 平 智: カキの脱渋とそのメカニズム [2], 農業および園芸, 78, 676~682 (2003)
- 7) 中村怜之輔: カキ果の凍結による脱渋現象について, 園学雑, 30, 73~76 (1961)
- 8) 平 智・渡部俊三: カキ '平核無' 果実の凍結および解凍にともなう可溶性タンニンの変化, 山形大学紀要 (農学), 12, 119~123 (1995)
- 9) 福嶋忠昭・北村利夫・村山秀樹・吉田敏幸: カキ '平核無' のエタノール処理による脱渋機構, 園学雑, 60, 685~694 (1991)
- 10) ITTAH, Y.: Sugar content changes in persimmon fruit (*Diospyros kaki* L.) during artificial ripening with CO<sub>2</sub>: a possible connection to deastringency mechanisms, *Food Chem.*, 48, 24~29 (1993)
- 11) 樽谷隆之: カキ果実の貯蔵に関する研究, 香川大学農学部紀要, 19, 1~51 (1965)
- 12) 板村裕之: カキ果実の成熟および脱渋後の軟化に関する研究, 日食保蔵誌, 32, 81~88 (2006)
- 13) 平 智: カキ果実の軟化と貯蔵, 農業および園芸, 81, 802~810 (2006)
- 14) CUTILLAS-ITURRALDE, A., ZERRA, I. and LORENCE, E. P.: Metabolism of cell wall polysaccharides from persimmon fruit: pectin solubilization during fruit ripening occurs in apparent absence of polygalacturonase activity, *Physiol. Plant.*, 89, 369~375 (1993)
- 15) TAIRA, S., ONO, M. and MATSUMOTO, N.: Reduction of persimmon astringency by complex formation between pectin and tannins, *Postharvest Biol. Technol.*, 12, 265~271 (1997)
- 16) TAIRA, S., and ONO, M.: Reduction of astringency in persimmon caused by adhesion of tannins to cell wall fragments, *Acta Hortic.*, 436, 235~241 (1997)
- 17) ASHWORTH, E. N.: Formation and spread of ice in plant tissues, JANICK, J. (ed.), *Hortic. Rev.* (Wiley, New York), 13, 215~255 (1992)
- 18) FUCHIGAMI, M., HYAKUMOTO, M., MIYAZAKI, K., NOMURA, T. and SASAKI, J.: Texture and histological structure of carrots frozen at a programmed rate and thawed in an electrostatic field, *J. Food Sci.*, 59, 1162~1167 (1994)
- 19) TAIRA, S., ONO, M. and OTSUKI, M.: Effects of freezing rate on astringency reduction in persimmon during and after thawing, *Postharvest Biol. Technol.*, 14, 317~324 (1998)
- 20) BEN-ARIE, R. and SONEGO, L.: Temperature affects astringency removal and recurrence in persimmon, *J. Food Sci.*, 58, 1379~1400 (1993)
- 21) OSHIDA, M., YONEMORI, K. and SUGIURA, A.: On the nature of coagulated tannins in astringent-type persimmon fruit after an artificial treatment of astringency removal, *Postharvest Biol. Technol.*, 8, 317~327 (1996)
- 22) 平 智・松本尚子・小野未来: 数種の脱渋処理によって不可溶化した渋ガキタンニンの可溶化の難易, 園学雑, 68, 83~88 (1999)
- 23) 平 智・高林奈美: 樹上脱渋の処理時期と脱渋果の冷蔵期間がカキ '平核無' 果実の渋もどりに及ぼす影響, 食科工, 53, 580~582 (2006)
- 24) 杉浦 明・原田 久・苦名 孝: カキ果実の脱渋性に関する研究 (第1報) エタノールによる樹上脱渋 (その1), 園学雑, 44, 265~272 (1975)
- 25) 杉浦 明・原田 久・苦名 孝: カキ果実の脱渋性に関する研究 (第2報) エタノールによる樹上脱渋 (その2), 園学雑, 46, 303~309 (1977)
- 26) 吉岡正明・関根幹弘・松波達也: カキ '平核無' 果実の樹上脱渋処理の省力化, 群馬園試研報, 4, 21~28 (1999)
- 27) 文室政彦・蒲生英美: 短期脱渋, 個装および冷蔵技術を用いたカキ '平核無' 果実の長期貯蔵の実用化, 園学雑, 71, 300~302 (2002)
- 28) 文室政彦: カキ '平核無' 果実の長期貯蔵技術, 園学雑, 69 (別1), 162 (2000)
- 29) 平 智・磯部志帆: 脱渋方法の違いと貯蔵温度がプラスチックフィルム包装したカキ '平核無' 果実の貯蔵性に及ぼす影響, 日食保蔵誌, 31, 261~265 (2005)
- 30) 平 智・今井絵里子: プラスチックフィルム包装したカキ '平核無' 樹上脱渋果の長期貯蔵性について, 日食保蔵誌, 33, 255~259 (2007)
- 31) TAIRA, S., IMAI, E. and GOHEI, M.: Effects of harvest date on long-term storability of on-tree alcohol-treated 'Hiratanenishi' persimmons packed in plastic film, *Food Preservation Sci.*, 34, 139~143 (2008)