

平成 21 年度助成研究実施報告書

研究 題 目	甲子柿の最適な燻蒸脱渋方法および渋戻り抑制方法の開発
研 究 者 (所属・職)	研究代表者 三浦 靖 (国立大学法人岩手大学 応用生命科学系 農学部・准教授) 共同研究者 山崎 政志 ((財)釜石・大槌地域産業育成センター・産業連携コーディネーター) 佐々木 勘治 (甲子柿の里生産者組合・組合長) 藤井 サエ子 (創作農家コスモス・代表) 柏木 幹彦 (産直釜石ミッキーファーム・代表)
研 究 代 表 者 連 絡 先	電 話 : 019-621-6255 F A X : 019-621-6255 メール : mako@iwate-u.ac.jp URL : http://www.iwate-u.ac.jp
研究目的	
甲子柿 (小枝柿を燻蒸脱渋した柿) の優位性を高め、生産歩留まりを向上させる最適な燻蒸脱渋方法を確定し、生産者に広く活用を促す。さらに、賞味期間を延長させる保蔵方法や渋戻りしない加工技術を検討し、販売および加工領域のビジネスチャンスを創出する。	
研究結果の概要	
1 背景及び課題・ニーズ等 (1) 研究を取り巻く状況や背景 岩手県釜石地域の特産品である「甲子柿」は、渋柿「小枝柿」を燻蒸という独特な脱渋処理により加工される、鮮やかな朱紅色の渋抜き柿である。この甲子柿の賞味期間は、果肉の過度の軟化により約3日間というように極めて短く、高齢化した生産者が適した期間内に収穫から燻蒸までの全工程を行わなければならないために取扱い量に限界があることや、生産後継者も育ちにくく、その消滅が懸念されている。そのようなことから、平成19年度に岩手大学が公募した地域課題解決プログラムに応募して採択され、小枝柿、甲子柿および刀根柿を成分分析した結果、栄養機能性成分であるβ-クリプトキサンチンやリコペンの含量が極めて高いという成分的な優位性が確認された。	
(2) 三陸地域の課題やニーズ ①優良産品としての科学的根拠を明確にし、伝統産品として甲子柿を存続させる。 ②脱渋処理条件が生産者により異なるばかりでなく、脱渋機構も明らかではないため、脱渋機構を解明し、脱渋処理を最適化する。 ③甲子柿を加熱処理すると「渋戻り」現象が起きることが知られているが、その発生機構が不明であるため、それを解明して抑制方法を開発する。 ④現状では賞味期間が約3日と短いので、一週間程度に延長する品質保持方法を開発する。 以上は、釜石・大槌地域企業ネットワークが「甲子柿高度利用勉強会」を平成18年下期に立ち上げて、現在までに調査して整理した課題である。	
2 研究計画の実施状況	
(1) 甲子柿の脱渋処理前後、および他地域産の著名柿との成分比較 他の渋抜き柿に対する甲子柿の客観的な優位性を明らかにするために、燻蒸脱渋した小枝柿と他品種柿の理化学的特性を測定・比較した。	
①試料	

岩手県釜石市産の甲子柿（2009年10月13日収穫，翌日より19日までの5日間の燻蒸脱渋）を用い，脱渋終了後2日目に成分分析した。甲子柿の対照には，新潟県燕市産の‘平核無’（2009年10月25日収穫）および愛媛県西条市産の‘愛宕’（2009年11月8日収穫）を用いた。7日間の燻蒸脱渋処理した‘平核無’を4日後に実験に供した。‘愛宕’は果皮に緑色が残存する未熟果であったため，着色しているものを選果し，7日間の燻蒸脱渋した‘愛宕’を翌日に成分分析した。

②果肉の赤色度

燻蒸脱渋の処理前および処理後の各試料の外観を図1に示した。分光測色計を用いて，CIEの $L^*a^*b^*$ 表色系での明度（ L^* ），色度（ a^* ， b^* ），彩度（ C^* ），色相角（ h ），赤色度（ $(a^*+b^*)/L^*$ ）を測定した。小枝柿果肉の赤色度は 1.43 ± 0.11 であり，これを燻蒸脱渋処理した甲子柿では 2.20 ± 0.08 であった。‘平核無’果肉の赤色度は 1.04 ± 0.05 であり，これを燻蒸脱渋処理すると 1.90 ± 0.12 に増加した。一方，‘愛宕’果肉の赤色度は 1.48 ± 0.01 であり，燻蒸脱渋処理しても 1.38 ± 0.20 というように増加せず，むしろ若干低下した。すなわち，他品種の渋柿を燻蒸脱渋処理しても甲子柿の赤色度には達せず，赤色度から見た甲子柿の優位性が確認された。

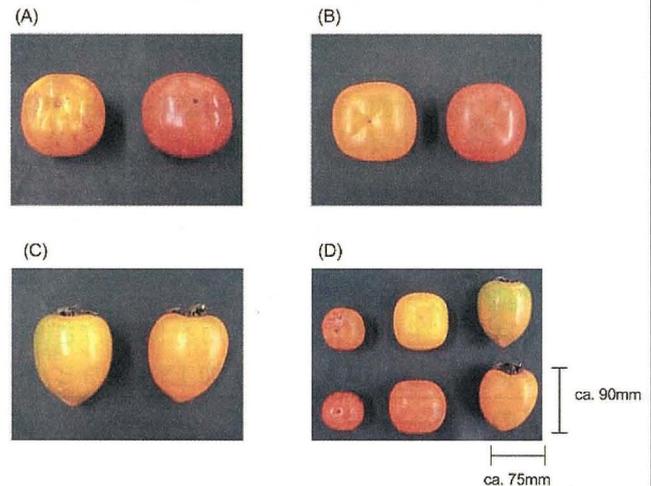


図1 燻蒸脱渋処理前後のカキ果実

(A)小枝柿，(B)‘平核無’，(C)‘愛宕’：脱渋処理前

(左側)，脱渋処理後（右側），(D)小枝柿（左列），‘平核無’（中央列），‘愛宕’（右列）：脱渋処理前（上段），脱渋処理後（下段）

③果肉の硬度

単軸圧縮・引張型レオメータを用いて，果実の赤道面に垂直な方向の4つの断面について単軸等速圧縮して，果肉硬度としてひずみ0.02における見掛けの弾性率（ E ）を測定した。脱渋処理前の E は，小枝柿で $4.54\pm 1.46\text{MPa}$ ，‘平核無’で $6.60\pm 1.96\text{MPa}$ ，‘愛宕’で $5.93\pm 1.32\text{MPa}$ であった。そして，燻蒸脱渋後の E は，小枝柿で $0.07\pm 0.03\text{MPa}$ ，‘平核無’で $0.12\pm 0.03\text{MPa}$ ，‘愛宕’で $0.52\pm 0.11\text{MPa}$ であり，それぞれ脱渋処理前での値の約1/65，1/55，1/12に低下した。すなわち，他品種の渋柿を燻蒸脱渋処理しても甲子柿の果肉硬度までは軟化せず，果肉の柔らかさから見た甲子柿の優位性が確認された。

④果肉の水分含量と水分活性

常圧加熱乾燥法（ 105°C ）により水分含量，水分活性恒温測定装置を用いて 25°C での水分活性を測定した。カキ果肉における水分含量は，小枝柿で $85.0\pm 1.9\%$ （w/w），‘平核無’で $83.3\pm 0.4\%$ （w/w），‘愛宕’で $82.7\pm 0.5\%$ （w/w）であった。燻蒸脱渋後の水分含量は，小枝柿で $82.2\pm 0.3\%$ （w/w），‘平核無’で $83.7\pm 0.7\%$ （w/w），‘愛宕’で $84.6\pm 0.2\%$ （w/w）であった。一方，カキ果肉の 25°C での水分活性は，小枝柿で 0.98 ± 0.00 ，‘平核無’で 0.96 ± 0.01 ，‘愛宕’で 0.94 ± 0.01 であった。燻蒸脱渋後の水分活性は，小枝柿で 0.97 ± 0.01 ，‘平核無’で 0.94 ± 0.01 ，‘愛宕’で 0.95 ± 0.00 であった。このように，本研究で用いた柿に関しては，品種の差，燻蒸脱渋処理の有無は，果肉の水分含量と水分活性に有意な影響を及ぼさなかった。

⑤果肉の水溶性タンニン含量

カキ果肉から90%（w/w）メタノール水溶液で抽出した画分について，Folin-Denis法により水溶性タンニン含量を測定した。脱渋処理前の果肉における水溶性タンニン含量は，小枝柿で $1306.6\pm 261.7\text{mg}/100\text{g}$ 果肉質量（FW），‘平核無’で $1288.8\pm 34.3\text{mg}/100\text{g}$ FW，‘愛宕’で $1188.0\pm 89.6\text{mg}/100\text{g}$ FWであった。3品種の渋柿の水溶性タンニン含量に有意差は認められず，いずれにも同程度に渋味成分を含有していた。燻蒸脱渋処理後の果肉における水溶性タンニン含量は，小枝柿で $78.9\pm$

2.0mg/100 g FW, '平核無'で 58.2 ± 2.9 mg/100 g FW, '愛宕'で 1055.8 ± 118.8 mg/100 g FW であった。したがって、燻蒸脱渋処理をすることにより、'平核無'では小枝柿と同程度にまで水溶性タンニン含量が減少したが、'愛宕'では燻蒸脱渋処理前と殆ど変化がなかった。したがって、小枝柿は'平核無'と同様に脱渋されやすいことが分かった。

⑥果皮および果肉のカロテノイド組成

ピロガロールを含む 40%(v/v)HAET・エタノール混液 (HAET 混液 (by vol) : *n*-ヘキサン:アセトン:エタノール:トルエン 10/7/6/7, α -トコフェロール 50ppm を含む) で抽出した画分について、高速液体クロマトグラフィー (分離カラム: ODS 系カラム, カラム温度: 40°C, 溶離液: 0.1%(v/v)酢酸および α -トコフェロール 50ppm を含むアセトニトリル-メタノール-テトラヒドロフラン混液 (55/40/5, by vol), 流速 $2.0\text{ml} \cdot \text{min}^{-1}$, 検出波長: 455nm) でリコペン, α -カロテン, β -カロテン, β -クリプトキサンチン含量を測定した。

燻蒸脱渋処理前の果肉における β -クリプトキサンチン含量は、小枝柿で 0.17 ± 0.16 mg/100 g FW, '平核無'で 0.26 ± 0.06 mg/100 g FW, '愛宕'で 0.50 ± 0.05 mg/100 g FW であった (図 2)。また、燻蒸脱渋処理前の果肉における β -カロテン含量は、小枝柿で 0.67 ± 0.01 mg/100 g FW, '平核無'で 0.10 ± 0.02 mg/100g FW, '愛宕'で 0.16 ± 0.01 mg/100 g FW であった。そして、燻蒸脱渋処理前の果肉におけるリコペン含量は、小枝柿で 0.87 ± 0.30 mg/100 g FW であり、本研究では、燻蒸脱渋処理前の'平核無'および'愛宕'の果肉にはリコペンが検出されず、 α -カロテンはいずれのカキ果肉からも検出されなかった。燻蒸脱渋処理前の果皮における β -クリプトキサンチン含量は、小枝柿で 9.54 ± 1.56 mg/100 g FW, '平核無'で 3.58 ± 0.28 mg/100 g FW, '愛宕'で 4.86 ± 1.20 mg/100 g FW であった。また、燻蒸脱渋処理前の果皮における β -カロテン含量は、小枝柿で 2.84 ± 0.35 mg/100 g FW, '平核無'で 1.06 ± 0.14 mg/100 g FW, '愛宕'で 1.88 ± 0.56 mg/100 g であった。そして、燻蒸脱渋処理前の果皮におけるリコペン含量は、小枝柿で 1.44 ± 0.33 mg/100 g FW, '平核無'で 0.05 ± 0.00 mg/100 g FW, '愛宕'で 0.57 ± 0.22 mg/100 g であった。燻蒸脱渋処理前の果皮における α -カロテン含量は、'平核無'で 0.06 ± 0.06 mg/100 g FW, '愛宕'で 0.19 ± 0.06 mg/100 g であり、小枝柿においては検出されなかった。一方、燻蒸脱渋処理後の果肉における β -クリプトキサンチン含量は、小枝柿で 3.44 ± 0.25 mg/100 g FW, '平核無'で 1.96 ± 0.32 mg/100 g FW, '愛宕'で 0.73 ± 0.13 mg/100 g FW であった。次に、燻蒸脱渋処理後の果肉における β -カロテン含量は、小枝柿で 0.83 ± 0.18 mg/100 g FW, '平核無'で 0.30 ± 0.05 mg/100 g FW, '愛宕'で 0.18 ± 0.04 mg/100 g であった。また、燻蒸脱渋処理後の果肉におけるリコペン含量は、小枝柿で 1.35 ± 0.25 mg/100 g FW, '平核無'で 0.11 ± 0.03 mg/100 g FW であった。本研究では燻蒸脱渋

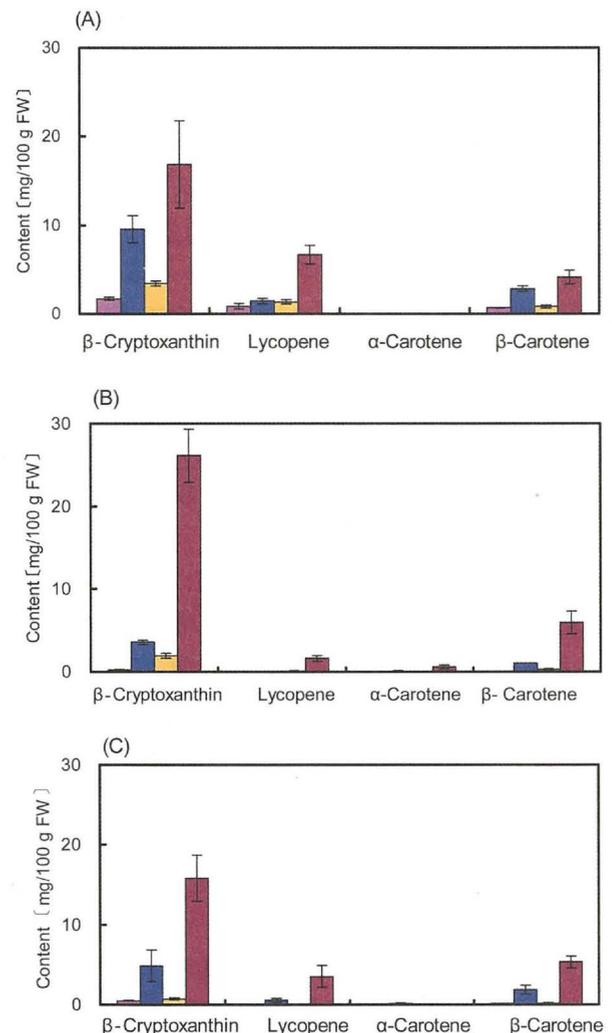


図 2 燻蒸脱渋処理した小枝柿(A), '平核無'(B)および'愛宕'(C)

■, 脱渋処理前の果肉; ■, 脱渋処理前の果皮; ■, 脱渋処理後の果肉; ■, 脱渋処理後の果皮
数値を平均値±標準偏差 (n=3)で記載

処理後の‘愛宕’果肉にはリコペンが検出されず、 α -カロテンは、いずれのカキ果肉からも検出されなかった。そして、燻蒸脱渋処理後の果皮における β -クリプトキサンチン含量は、小枝柿で $16.84 \pm 4.93 \text{mg}/100 \text{g FW}$ 、‘平核無’で $26.14 \pm 3.21 \text{mg}/100 \text{g FW}$ 、‘愛宕’で $15.83 \pm 2.88 \text{mg}/100 \text{g FW}$ であった。次に、燻蒸脱渋処理後の果皮における β -カロテン含量は、小枝柿で $4.16 \pm 0.80 \text{mg}/100 \text{g FW}$ 、‘平核無’で $5.94 \pm 1.33 \text{mg}/100 \text{g FW}$ 、‘愛宕’で $5.36 \pm 0.73 \text{mg}/100 \text{g FW}$ であった。また、燻蒸脱渋処理後の果皮におけるリコペン含量は、小枝柿で $6.71 \pm 1.06 \text{mg}/100 \text{g FW}$ 、‘平核無’で $1.65 \pm 0.34 \text{mg}/100 \text{g FW}$ 、‘愛宕’で $3.51 \pm 1.36 \text{mg}/100 \text{g FW}$ であった。燻蒸脱渋処理後の果皮における α -カロテン含量は、‘平核無’で $0.62 \pm 0.22 \text{mg}/100 \text{g FW}$ 、‘愛宕’で $0.01 \pm 0.02 \text{mg}/100 \text{g FW}$ であった。そして、本研究では燻蒸脱渋処理後の小枝柿果皮においては α -カロテンが検出されなかった。このように、リコペン（鮮赤色）が甲子柿に特異的に多く含まれており、‘平核無’に比較して果肉では約12倍、果皮では約4倍に相当した。また、リコペンは‘愛宕’果肉からは検出されず、甲子柿の果皮には‘愛宕’での約2倍量が含まれていることが分かった。

⑦果肉の総アスコルビン酸含量

5%(w/v)メタリン酸水溶液で抽出した画分について、ヒドラジン法により、総アスコルビン酸含量を測定した。燻蒸脱渋処理前の果肉における総アスコルビン酸含量は、小枝柿で $26.9 \pm 2.3 \text{mg}/100 \text{g FW}$ 、‘平核無’で $23.4 \pm 12.7 \text{mg}/100 \text{g FW}$ 、‘愛宕’で $32.8 \pm 15.6 \text{mg}/100 \text{g FW}$ であった。一方、燻蒸脱渋処理後の果肉における総アスコルビン酸含量は、小枝柿で $17.2 \pm 10.6 \text{mg}/100 \text{g FW}$ 、‘平核無’で $10.1 \pm 1.6 \text{mg}/100 \text{g FW}$ 、‘愛宕’で $19.6 \pm 4.1 \text{mg}/100 \text{g FW}$ であった。このように、いずれの試料においても、個体差が大きく、総アスコルビン酸含量に有意差が見られなかった。

(2) 脱渋処理条件と脱渋柿の理化学的特性との関連性

甲子柿の脱渋処理を最適化することを目的にして、処理温度と雰囲気中の二酸化炭素ガス濃度が小枝柿の脱渋に及ぼす影響を検討した。

①試料

岩手県釜石市産の甲子柿（2009年10月13日収穫、翌日より19日までの5日間、燻蒸脱渋）および小枝柿（2009年10月20日収穫）を用い、甲子柿は脱渋終了後2日目に、小枝柿は収穫後2日目に理化学的特性を測定した。対照には、新潟県燕市産の‘平核無’（2009年10月25日収穫）および愛媛県西条市産の‘愛宕’（2009年11月8日収穫）を用い、‘平核無’は収穫後7日目より、‘愛宕’は着色しているものを選果し、収穫後7日目より脱渋実験を行った。

②モデル脱渋処理

各試料をテドラーバック（5L容量）に3果ずつ封入し、合成空気（ $\text{N}_2:\text{O}_2=78:22$, by vol）または二酸化炭素ガス濃度1.0%(v/v)の混合ガス（ $\text{N}_2:\text{O}_2:\text{CO}_2=79:20:1$ ）を充填し、温度2水準（ 20°C 、 30°C ）および二酸化炭素ガス濃度2水準（0、1.0%(v/v)）で8日間、モデル脱渋処理した。

③雰囲気ガス組成の測定

モデル脱渋におけるテドラーバック内のエチレンガスの測定には、ガスクロマトグラフ（分離カラム：活性アルミナパックドカラム、キャリアガス： N_2 ガス、カラム温度： 80°C 、注入口温度・検出器温度： 120°C 、注入量：1mL）、酸素ガスおよび二酸化炭素ガスの測定には、食品包装ヘッドスペース用高精度 O_2/CO_2 分析計を用いた。

モデル脱渋処理開始後2、4、6および8日目の雰囲気ガスでは、柿果実の呼吸により酸素ガス濃度が減少し、二酸化炭素ガス濃度とエチレンガス濃度が増加した。エチレン生成量は、‘愛宕’>小枝柿>‘平核無’の順であった。いずれのカキにおいても、包装内の酸素ガス濃度の減少速度は 30°C でのモデル脱渋処理の方が 20°C でのモデル脱渋処理よりも速かった。また、包装内の二酸化炭素ガス濃度の増加速度は、 30°C でのモデル脱渋処理の方が 20°C でのモデル脱渋処理よりも速く、生成した二酸化炭素ガスの濃度も有意に高かった。しかし、二酸化炭素ガス濃度が0%と1.0%のモデル脱渋処理では、8日間の雰囲気ガス組成に有意差が見られなかった。

④果肉の赤色度

モデル脱渋処理では、いずれの試料においても果肉の赤色度は8日間で殆ど変化せず、小枝柿で1.40~1.50, '平核無'で1.00~1.20, '愛宕'で1.45~1.50というように脱渋処理条件による有意差が見られなかった。

⑤果肉の硬度

モデル脱渋処理において、温度30℃で8日間処理することにより小枝柿と'平核無'では果肉硬度が低下したものの、甲子柿よりも硬いままであった。'愛宕'では20℃で8日間処理することにより果肉硬度が低下したが、供試した果実の熟度による影響が大きいものと思われる。二酸化炭素ガス濃度が0%(v/v)と1.0%(v/v)でのモデル脱渋処理では、カキ果肉の硬度に有意差が認められず、燻蒸脱渋室雰囲気中の二酸化炭素ガス濃度が外気に比較して高濃度で検出されたことは、小枝柿の軟化に二酸化炭素ガスは関与していないと思われた。したがって、燻蒸脱渋処理では、脱渋室内の高温度環境が、小枝柿の軟化に影響を及ぼしていると思われた。

⑥果肉の水分含量と水分活性

カキ果肉における水分含量は、小枝柿で85.0±1.9%(w/w), '平核無'で83.3±0.4%(w/w), '愛宕'で82.7±0.5%(w/w)であり、モデル脱渋期間では、ほぼ一定の82~85%(w/w)であった。一方、カキ果肉の25℃での水分活性は、小枝柿で0.98±0.00, '平核無'で0.96±0.01, '愛宕'で0.94±0.01であり、モデル脱渋期間では、ほぼ一定の0.94~0.99であった。

⑦果肉の水溶性タンニン含量

脱渋処理前の果肉における水溶性タンニン含量は、小枝柿で1306.6±261.7mg/100g FW, '平核無'で1288.8±34.3mg/100g FW, '愛宕'で1188.0±89.6mg/100g FWであった。温度30℃で8日間のモデル脱渋処理することによって、水溶性タンニン含量は初期値の1/2~1/4に相当する0.2~0.5%(w/w)に減少したが、甲子柿での値にまでは減少しておらず、脱渋が不十分であった。また、小枝柿では、30℃で2日間のモデル脱渋処理した時点で、水溶性タンニン含量が1/2程度まで減少している果実もあったが、8日間処理しても脱渋効果が認められない果実もあり、個体差が大きかった。燻蒸脱渋処理によって脱渋効果が見られなかった'愛宕'においても、30℃で8日間のモデル脱渋処理することによって水溶性タンニン含量は1/4程度に減少した。一方、二酸化炭素ガス濃度が0%(v/v)と1.0%(v/v)のモデル脱渋処理では、いずれのカキも水溶性タンニン含量に有意差が認められなかった。

⑧果肉のカロテノイド組成

本研究で用いた3品種のカキ果実の脱渋処理前の熟度は、岩田らの基準(岩田隆ら, 果実の収穫後における成熟減少と呼吸系の関係(第1報), 園芸学会雑誌, 38(2), 84-91(1968))によると、すべて「(I)十分に硬い」であったと考えられるが、果皮色が異なっていたことから、本研究では、牛島らの方法(牛島孝策ら, カキの果肉色と長期貯蔵が果肉中のカロテノイド含量に及ぼす影響, 園芸学会雑誌, 68(別2), 203(1999))を参考にし、カキの果肉色を熟度の判断基準として用いることにし、色度比(a^*/b^*)とカロテノイド含量の関係を図3に示した。'愛宕'は果肉色の変化が殆

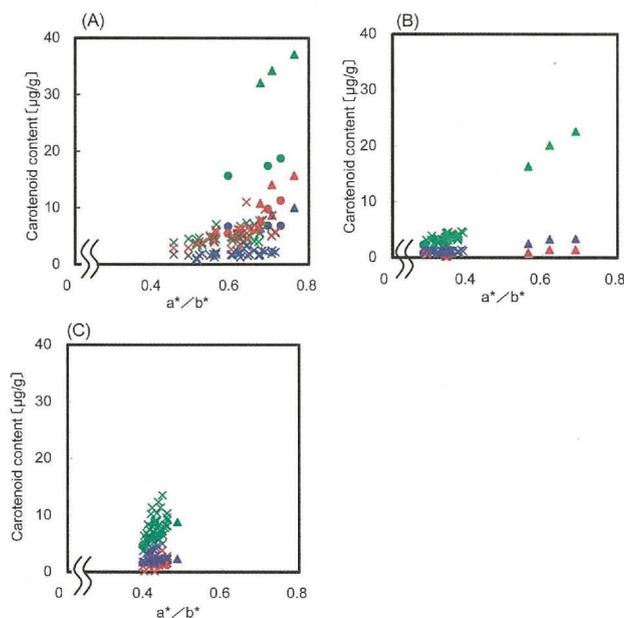


図3 カキ果肉の色度比(a^*/b^*)とカロテノイド含量の関係

(A) 小枝柿, (B) '平核無', (C) '愛宕' ●, 脱渋処理前; ▲, 燻蒸脱渋後; ×, モデル脱渋中
β-クリプトキサンチン(緑色), リコペン(赤色), β-カロテン(青色)

ど見られず、比較が難しいと思われるが、小枝柿と‘平核無’では、果肉色が0.6付近において、小枝柿のリコペン含量が高いことが明確であり、小枝柿は‘平核無’と‘愛宕’に比べ、特にリコペンの生合成能力が優れているものと推察した。

⑨総アスコルビン酸含量

いずれの試料においても、個体差が大きく、総アスコルビン酸含量に有意差が見られなかった(表1)。しかし、カキ果実は、うんしゅうみかん(33 mg/100 g FW, 五訂増補日本食品標準成分表)に近い25mg/100 g of FW程度のアスコルビン酸を含有しているため、ビタミンCの供給源としても優れると思われる。

表1 小枝柿, ‘平核無’および‘愛宕’の果肉の総アスコルビン酸含量 [mg/100g FW]

Persimmon	Temperature [°C]	CO ₂ [% v/v]	Model destringency treatment [d]				Fumigation
			Without	2	4	8	
‘Koeda’	20	0		56.55±34.51 ^b	18.55±4.55 ^{ab}	10.96±0.96 ^a	
		1.0		24.30±15.02 ^{at}	22.16±15.78 ^a	18.49±2.93 ^{ab}	
	30	0	26.90±2.27 ^{ab}	28.32±17.67 ^{at}	21.79±14.72 ^a	15.66±4.63 ^{ab}	17.19±10.58 ^{al}
		1.0		32.25±21.13 ^{at}	18.66±13.04 ^a	14.62±6.55 ^{ab}	
‘Hiratanenashi’	20	0		35.93±10.68 ^{at}	20.87±9.39 ^{ab}	21.42±4.60 ^{ab}	
		1.0		36.11±10.73 ^{at}	28.67±14.12 ^a	31.74±8.10 ^{ab}	
	30	0	23.37±12.70 ^{al}	49.40±17.15 ^{at}	24.28±6.06 ^{ab}	28.31±9.20 ^{ab}	10.09±1.61 ^a
		1.0		28.81±16.78 ^{at}	23.54±7.43 ^{ab}	19.40±5.16 ^{ab}	
‘Atago’	20	0		14.11±6.92 ^a	48.37±13.86 ^a	20.06±8.12 ^{ab}	
		1.0		32.24±18.58 ^{at}	34.76±20.14 ^a	24.95±10.04 ^e	
	30	0	32.82±15.62 ^{al}	40.99±6.54 ^{ab}	23.57±11.36 ^a	24.04±2.24 ^{ab}	19.58±4.13 ^{ab}
		1.0		27.98±17.60 ^{at}	40.20±18.14 ^a	22.83±5.65 ^{ab}	

Mean±standard deviation (n=3)

All the values followed the same letter are not significantly different (p<0.05).

(3) 加熱による渋戻りの機構解明とその抑制方法

甲子柿を生食用途以外に加工食品用途に用いるために、加熱による渋戻りの機構解明を試みた。

①試料

-20°Cで3ヶ月まで凍結貯蔵した甲子柿(2009年10月13日収穫, 岩手県釜石市産), あんぽ柿(和歌山県産平核無柿, あんぽ柿Aと呼ぶ)およびあんぽ柿(福島県産蜂屋柿, あんぽ柿Bと呼ぶ)を用いた。各柿試料を粗断してから乳鉢・乳棒を用いて磨碎して測定試料とした

②カキ果肉の加熱処理

試料をねじ口試験管に採取し, 95°Cに設定した循環恒温水槽にて, 5分間~120分間の範囲で加熱した後, 室温下で放冷した。

③カキ果肉の色特性

前述した方法で, カキ果肉試料の色特性を測定した。95°Cで加熱開始5分後には色の変化が顕著に現れ, 特にa*が著しく減少して赤色度が低下した。加熱開始30分後から45分後のカキ果肉では, 柿の風味が完全に消失しており, これらのことから甲子柿ペーストを加工食品素材として用いる場合には95°Cでの加熱時間を15分間程度にとどめる必要があると思われた。

④カキ果肉の水分含量と水分活性

前述した方法で, カキ果肉試料の水分含量と水分活性を測定した。-20°Cで5ヶ月間凍結貯蔵した甲子柿の水分含量は84.9±1.3%(w/w)であった。あんぽ柿Aは見た目にも湿潤であり, その水分含量は64.6±0.8%(w/w)であった。一方, あんぽ柿Bの水分含量は, 42.6±1.1%(w/w)であった。また, 水分含量が高いものほど水分活性が高かった。

⑤カキ果肉の水溶性タンニン含量

前述した方法で、加熱処理したカキ果肉試料の水溶性タンニン含量を測定した。加熱処理による渋戻りのしにくさは、あんぼ柿 A（‘平核無’を使用）、あんぼ柿 B（‘蜂屋’を使用）、 -20°C で約3ヶ月間凍結貯蔵した甲子柿、約1ヶ月間凍結貯蔵した甲子柿、無処理の甲子柿の順であった。しかし、無処理の甲子柿においても、水溶性タンニン含量が予想よりも増加せず、渋戻り現象には不溶化したタンニンの可溶化だけでなく、加熱処理によるカキ果肉の物理・化学的変化の影響が大きいものと推察した。

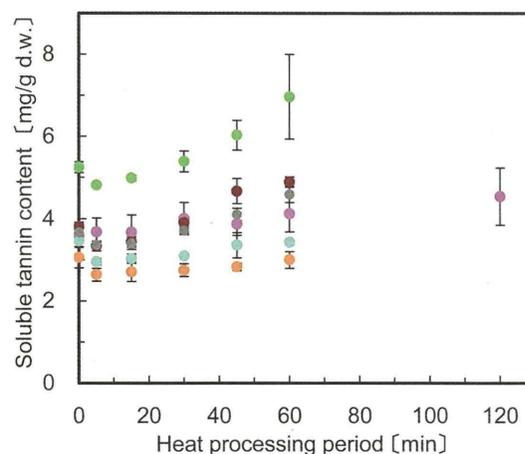


図4 加熱処理が果実の水溶性タンニン含量（乾量基準）に及ぼす影響
 ●、あんぼ柿 A；●、あんぼ柿 B；●、燻蒸脱渋処理した‘平核無’；
 ●、甲子柿；●、凍結貯蔵した甲子柿（ -20°C 、1ヶ月貯蔵）；
 ●、凍結貯蔵した甲子柿（ -20°C 、3ヶ月）
 数値を平均値 \pm 標準偏差（n=3）で記載

事業展開の見通し

（1）甲子柿の別品種渋抜き柿に対する優位性

他品種の渋柿（‘平核無’、‘愛宕’）を燻蒸脱渋処理しても、甲子柿と同程度の果皮・果肉の赤色度、および果肉の柔らかさには達せず、果皮・果肉の赤色度と果肉硬度から見た甲子柿の優位性が確認された。また、本研究では、カキの果皮・果実に含まれるカロテノイドのうち、①ヒトでの抗酸化機能が確認されている赤色色素であるリコペン、②脂肪細胞肥大を抑制することによる代謝症候群の予防効果が期待されている黄色色素である β -クリプトキサンチン、③ビタミン A の前駆体である黄橙色色素である β -カロテンに注目した。リコペンが甲子柿に特異的に多く含まれており、‘平核無’に比較して果肉では約12倍、果皮では約4倍に相当する。また、リコペンは‘愛宕’果肉には検出されず、甲子柿の果皮には‘愛宕’での約2倍量が含まれていることが明らかになった。

したがって、助成研究実施計画書の「事業展開の可能性」に関して、甲子柿の理化学的特性を測定したことにより、その特徴や他品種柿との違いが明確にできたので、販売上における差異化が図られ、販売額の増加に寄与されると期待できる。

（2）燻蒸脱渋処理甲子柿の脱渋処理の最適化

モデル脱渋処理で、カキ果実の呼吸・代謝により酸素ガス濃度が減少し、二酸化炭素ガス濃度とエチレンガス濃度が増加すること、およびエチレン生成量が‘愛宕’>小枝柿>‘平核無’の順に多いことを明らかにした。そして、品質保持のためにエチレンによる追熟効果を抑制する必要があるため、エチレン吸収剤を同梱した包装形態を提言できた。また、燻蒸脱渋室内の二酸化炭素ガス濃度が外気よりも0.5%(v/v)高いことは、燻蒸脱渋の機構にはあまり関与していないことが推察できた。モデル脱渋処理により果肉の水分含量は殆ど変化せず、水分活性が微生物の好適な生育条件にあったが、小枝柿の燻蒸脱渋処理、甲子柿の輸送・貯蔵でのカビの増殖はこれまで事例がないことから、燻蒸脱渋処理による微生物の生育阻害は、燻蒸成分に起因することが推察できた。二酸化炭素ガス濃度を0%(v/v)と1.0%(v/v)にしたモデル脱渋処理では、いずれのカキも水溶性タンニン含量に有意差が認められないことを明らかにした。一般的に、カキに期待されているカロテノイド成分は、 β -クリプトキサンチンであると思われるため、甲子柿にリコペンが豊富に含まれることは、最大の特長といえることを提言できた。本研究でのモデル脱渋処理は燻蒸脱渋処理を完全には再現できなかったが、燻蒸脱渋処理には、高温処理による追熟作用、雰囲気中の二酸化炭素ガスよりもエチレンガスによる追熟作用、燻蒸材由来の揮発性成分が関与していることが推察できた。

したがって、助成研究実施計画書の「事業展開の可能性」に関して、好ましい脱渋処理条件を解明したので、甲子柿の食味向上や、製品歩留まりの向上が図られ、需要に応じた生産拡大、出荷期間の延長を図ることができると期待される。

(3) 渋戻りの抑制方法

95℃加熱の場合に、5分間後には果肉ペーストの色が顕著に変化し、特に赤色度が低下した。加熱開始30分後から45分後の果肉では、柿の風味が完全に消失しており、これらのことから甲子柿ペーストを加工食品用素材として用いる場合には、95℃での加熱時間を15分間程度にとどめる必要があることを提言できた。甲子柿を-20℃で約1ヶ月以上凍結貯蔵すると水溶性タンニン含量が減少すること、あんぼ柿も燻蒸脱渋柿も95℃で加熱処理すると予想よりも水溶性タンニン含量が増加せず、渋戻り現象には不溶化タンニンの可溶化だけでなく、加熱処理による果肉の物理・化学的变化の影響が大きいものと推察できた。

したがって、助成研究実施計画書の「事業展開の可能性」に関して、水溶性タンニン含量を減少させる保蔵として凍結貯蔵を提言し、加熱加工での処理時間の上限を明らかにしたので、規格外や残余の甲子柿は加工食品用途に活用できると期待される。

期待される効果

(1) 「甲子柿」の成分特性が科学的に解明されることにより、その特徴や他品種の柿との違いが明確にされ、販売対策上における差別化が図られ、販売額の増加に寄与されることが期待される。

(2) 脱渋処理条件や保存条件の解明により、食味向上や、製品歩留まりの向上が図られ、需要に応じた生産拡大、出荷期間の延長を図ることができると期待される。

(3) 渋戻りの抑制方法の解明により、新たな加工食品の開発が促され、甲子柿の需要拡大、生産拡大に寄与すると期待される。

これらにより、今後2~4年間を掛けて増産と拡販を推進することで、出荷量および販売総額の増大可能性が期待でき、関わる企業・団体の増収と雇用拡大は元より、地域活性化に向けた動機付けになり得ると考えられる。

研究成果の達成状況

(1) 甲子柿の脱渋処理前後、および他地域産の著名柿との成分比較

燻蒸脱渋した小枝柿と他品種柿の理化学的特性を測定し、他の渋抜き柿に対する甲子柿の客観的な優位性を明らかにした。したがって、助成研究実施計画書に記載した研究項目を達成させた。

(2) 脱渋処理条件と脱渋柿の理化学的特性との関連性

処理温度(2水準)と雰囲気中の二酸化炭素ガス濃度(2水準)が小枝柿の脱渋に及ぼす影響を検討し、甲子柿の生産を最適化する際の指針(エチレンガス濃度と高温が燻蒸脱渋に関連していること)を得た。したがって、助成研究実施計画書に記載した研究項目を達成させた。

(3) 加熱による渋戻りの機構解明とその抑制方法

加熱による渋戻りを水溶性タンニン含量から把握し、加熱加工(95℃)での処理時間の上限を明らかにした。しかし、渋戻りの抑制方法の提言までには至らなかった。

三陸地域への波及効果

(1) 国道283号仙人峠道路からの入込客にとって釜石市甲子町地域は、沿岸域の入り口であり、「見せる柿林、斬新な柿の加工品」と甲子柿を揃えて一定期間ではあるが訴求できれば、当地にとって数少ない晩秋期の魅力として集客効果が期待できる。

(2) 甲子柿を、「美味しく、色鮮やかな柿」だけに留まらず「美容と健康維持に寄与する食材」として訴求できれば、購買層を拡大し、三陸ワカメなどと足並みを揃えた「体に優しい食材産

地」としての経済効果が期待出来る。

(3) 上記項目の相乗効果として、新たな担い手の参入を期待し、優良な地域産品として消滅させず守り続ける意欲も期待できる。

考 察

本研究で定量したカロテノイドは、ゼアキサンチン経由で β -クリプトキサンチン、 β -カロテン、リコペンの順に蓄積し、ルテイン経由で α -カロテンからリコペンが蓄積するものと考えられる。燻蒸脱渋処理前後の小枝柿から α -カロテンが検出されなかったのは、カロテノイドの代謝が進み、リコペンが多く蓄積していたことに起因すると思われる。

他品種カキと成分比較をする際には、供試する果実の熟度が同等であることが必須条件となる。そのため、本研究では小枝柿が‘平核無’および‘愛宕’に比較してカロテノイド含量に富んでいることを断言できない。しかし、通常は‘平核無’が二酸化炭素ガス脱渋法や樹上脱渋法によって、‘愛宕’が二酸化炭素ガスとアルコールとの併用によって脱渋処理されており、燻蒸脱渋法によって熟柿状態となった甲子柿は、他の方法によって脱渋された他品種カキと比較してカロテノイド含量に富んでいることは確かである。一般的に、カキに期待されているカロテノイドは、 β -クリプトキサンチンであると思われるため、甲子柿にリコペンが豊富に含まれることが最大の特長といえる。

燻蒸脱渋室内の高温環境が小枝柿の脱渋や果肉軟化に影響を及ぼしており、雰囲気中の二酸化炭素ガス濃度が大気に比べて高いことは、特に関与していないものと思われた。また、いずれのモデル脱渋処理においても、色特性や果肉硬度が甲子柿での値に到達せず、熟柿状態にはならなかったことから、燻蒸脱渋室内において高濃度で検出されたエチレンガスと高温環境によって果実が追熟し、脱渋されていると思われた。

備 考

本研究成果を、日本食品科学工学会第56回大会(2009年9月12日、名城大学)で口頭発表した。講演要旨を添付した。