

平成 20 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 (岩手大学農学部・准教授) 共同研究者 川崎 栄 ((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) 共同研究者 佐々木 勘治 (甲子柿の里生産者組合・組合長) 共同研究者 藤井 サエ子 (創作農家コスモス・代表) 共同研究者 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 E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	<p>1 背景及び課題・ニーズ等</p> <p>(1) 研究を取り巻く状況や背景</p> <p>岩手県釜石地域の特産品である「甲子柿」は、小枝柿を燻蒸という独特な脱渋処理により加工される、朱紅色鮮やかな渋抜き柿である。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量に限界があることや、生産後継者も育たずに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、一定量の柿を凍結保存して研究に備えている。</p> <p>(2) 三陸地域の課題やニーズ</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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、現在までに調査し整理した課題である。</p> <p>2 研究の実施内容</p> <p>(1) 別品種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の、小枝柿および別品種渋柿の脱渋処理前後における成分比較</p> <p>小枝柿および他産地の別品種渋柿（四ツ溝柿、愛宕柿、平核無柿）の収穫時期が重なら</p>

ないように配慮して研究計画を立案したが、標準的な収穫時期（10月～11月）の収穫地（岩手県、和歌山県、新潟県）における天候が例年とは異なったために、これらの柿の収穫時期が非常に狭い期間に集中してしまった。そのために、入手した試料を供試するまで低温貯蔵したが、追熟による果肉の軟化や成分変化が起きてしまい、実施できなかった実験項目がある。

小枝柿（脱渋性：本研究で明らかにする、形状：円形、収穫期：11月上旬、収穫地：岩手県）と比較する対照試料には、脱渋の難易度、果実の形状、収穫期および収穫地が偏らないように配慮して、不完全渋柿（種子がない時には脱渋せず、脱渋度が低い柿）である平核無柿（脱渋性：中程度、形状：扇形、収穫期：10月下旬、収穫地：新潟県）を用いた。また、完全渋柿（果実が軟熟するまで脱渋せず、褐斑を生じない柿）である四ツ溝柿（脱渋性：容易、形状：方形、収穫期：11月中旬、収穫地：静岡県）、愛宕柿（脱渋性：やや困難、形状：扇形、収穫期：11月下旬、収穫地：愛媛県）も用いた。試料を空気（CO₂ 0.04% (v/v)、O₂ 21% (v/v)、N₂ 78% (v/v)）または CO₂-O₂-N₂ 混合ガス（CO₂ 1.00% (v/v)、O₂ 20.0% (v/v)、N₂ 79.0% (v/v)）を充填したガス捕集袋に封入し、20℃、30℃および 40℃でモデル脱渋した。モデル脱渋におけるガス捕集袋内のガス組成、柿の果肉・果皮の色特性と成分〔水分、可溶性タンニン、総アスコルビン酸、糖（グルコース、フルクトース、スクロース）、カロテノイド（β-クリプトキサンチン、リコペン、β-カロテン）〕を分析した。

① 脱渋前の成分

小枝柿の総アスコルビン酸含量は、別品種渋柿（平核無柿、愛宕柿）と比較して特徴がなかったが、水分含量と可溶性タンニン含量が低く、糖含量（特にグルコース）が高いことが分かった（表1参照）。

表1 モデル脱渋処理前後での小枝柿および別品種渋柿の成分含量

Persimmon	Destringency processing	Composition				
		Moisture [% , w/w]	Soluble tannin [mg/100 g FW]	Ascorbic acid [mg/100 g FW]	Glucose [g/100 g FW]	Fructose [g/100 g FW]
'Koeda'	Without	80.2±0.1	217.0± 5.2	30.3±7.1	5.50±0.53	1.67±0.10
'Hiratanenashi'	Without	85.4±1.0	764.5±30.6	24.7±1.0	2.70	1.39
'Atago'	Without	82.3±0.4	1145.2±60.7	32.2±2.9	2.87	1.01
'Koeda'	With*	84.5±0.1	73.1± 0.4	31.0±2.3	6.77	2.52
'Hiratanenashi'	With**	83.9±0.1	28.4± 0.3	20.7±0.9	5.78	3.05
'Atago'	With***	84.3±0.1	82.3± 2.4	23.9±0.7	7.44	2.79
'Kasshi'	Without	86.4±1.7	58.6± 0.9	30.4±0.9	6.42±0.50	2.56±0.20

FW, flesh weight

*,** 30℃, 0.04%(v/v) CO₂, 3 days

*** 30℃, 0.04%(v/v) CO₂, 4 days

② 脱渋後の成分

0.04% CO₂ 雰囲気、30℃で3ないし4日間のモデル脱渋処理した場合に、小枝柿の水分含量と糖含量には、別品種渋柿（平核無柿、愛宕柿）と比較しての特徴がなかった。一方、小枝柿の可溶性タンニン含量は愛宕柿での89%に相当し、平核無柿での約2.6倍に多いこと、および総アスコルビン酸含量が高いことが分かった（表1参照）。また、モデル脱渋処理した小枝柿のβ-クリプトキサンチン含量は、平核無柿での約2.5倍で、愛宕柿での約0.5倍であること、リコペン含量が平核無柿での約4.1倍であること、β-カロテン含量が平核無柿での約2.6倍で、愛宕柿での約1.2倍であることが分かった（表2参照）。すなわち、モデル脱渋処理した小枝柿は、別品種柿に比較してカロテノイド（リコペン、β-カロテン、β-クリプトキサンチン）含量が高いという優位性が明らかにな

った。また、小枝柿を燻蒸脱渋した甲子柿の果肉では、 β -クリプトキサンチン含量が小枝柿の約 3.7 倍、 β -カロテン含量が約 7.4 倍、リコペン含量が約 2.4 倍に増加した。さらに、リコペンと β -カロテンは果肉、 β -クリプトキサンチンは果皮に多く含まれていた。

表 2 モデル脱渋処理前後での小枝柿および別品種渋柿のカロテノイド組成

Persimmon	Carotenoid		
	β -Cryptoxanthin [$\mu\text{g}/100\text{ g FW}$]	Lycopene [$\mu\text{g}/100\text{ g FW}$]	β -carotene [$\mu\text{g}/100\text{ g FW}$]
'Koeda'	231.3 \pm 7.1	1431.4 \pm 44.8	54.5 \pm 5.0
'Hiratanenashi'	ND	ND	ND
'Atago'	ND	ND	ND
'Koeda'	578.9 \pm 34.9	2473.5 \pm 73.0	85.6 \pm 4.1
'Hiratanenashi'	232.2 \pm 11.5	600.0 \pm 4.9	32.8 \pm 1.4
'Atago'	1081.6 \pm 6.6	ND	71.4 \pm 6.3
'Kasshi'	863.3 \pm 16.3	3450.2 \pm 57.9	404.5 \pm 29.2

FW, flesh weight; ND, not determined

*,** 30°C, 0.04%(v/v) CO₂, 3 days

*** 30°C, 0.04%(v/v) CO₂, 4 days

- (2) 小枝柿の燻蒸脱渋処理を最適化するための、脱渋処理条件（温度、雰囲気空気中の二酸化炭素ガス濃度）と脱渋柿の理化学特性（色特性、成分組成、果肉の力学的特性）との関連性の明確化

モデル脱渋処理でガス捕集袋内にエチレンが検出されるようになり、エチレン生成量は、愛宕柿>平核無柿>小枝柿の順に多かった。小枝柿の赤色度 ($(a^*+b^*)/L^*$) は、40°Cと20°Cのモデル脱渋処理では処理開始後2日目、30°Cのモデル脱渋処理では処理開始後3日目に極大値に達した。しかし、いずれのモデル脱渋処理でも甲子柿での赤色度2.31に到達しなかった。モデル脱渋処理により果肉の水分含量は殆ど変化せず、水分活性もほぼ一定(0.964 \pm 0.01)であった。小枝柿は脱渋処理前後でスクロースが検出されなかったが、脱渋処理(40°C、1.0% (v/v) CO₂)によりグルコース含量が増加した。したがって、燻蒸脱渋処理における甘味の増強は、スクロースではなく還元糖の増加(主にグルコース)に起因すると考えられる。カキは、シヨ糖累積型品種および還元糖蓄積型品種とに大別されるが、本研究で用いた試料はすべて還元糖蓄積型品種であると推察された。脱渋容易性(可溶性タンニン含量の減少度合い)は、小枝柿(217.3 \pm 5.23 mg/100g FW(果肉質量))>平核無柿(764.50 \pm 30.6 mg/100g FW)>愛宕柿(1145.17 \pm 60.3 mg/100g FW)の順であった。可溶性タンニン含量が甲子柿での値(58.57 \pm 0.9 mg/100g FW)まで減少するのに、40°Cのモデル脱渋処理で2日間、30・20°Cのモデル脱渋処理で4日間を要した。小枝柿の総アスコルビン酸含量は30 mg/100g FWであり、モデル脱渋処理の経時に従って減少した。小枝柿果肉のリコペン含量が脱渋処理(30°C、0.04% (v/v) CO₂)により、 β -クリプトキサンチン含量と β -カロテン含量は脱渋処理(30°C、1.0% (v/v) CO₂)により最大値に達したが、甲子柿での値に到達しなかった。したがって、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。

- (3) 甲子柿を生食用途以外に加工食品用途に用いるための、加熱による渋戻りの機構解明とその抑制方法の検討

本年度は、本実験項目の実施までに至らず、次年度に実施する予定である。

3 考 察

甲子柿の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、エチレン吸収剤を同梱した包装が有効であると思われた。

一般的な糸状菌・細菌の増殖に必要な最低の水分活性は0.70~0.97であり、モデル脱渋処理したいずれの試料も微生物の好適な生育条件にあった。ところが、小枝柿の燻蒸脱渋処理、甲子柿の輸送・貯蔵でカビが増殖した事故がないことから、燻蒸脱渋処理による微生物の生育阻害は、燻煙成分に起因すると思われた。

小枝柿を燻蒸脱渋処理した甲子柿の特長は、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-カロテンの含量が有意に多いことである。特に、甲子柿のリコペン含量(約3.5 mg/100g 果肉)は、トマト(約3~8 mg/100g 可食部)と同程度、β-クリプトキサンチン含量(約0.9 mg/100 果肉)はうんしゅうみかん(砂じょう、約1.8 mg/100)の半量に相当する。

小枝柿を燻蒸脱渋処理して甲子柿を生産する際には、雰囲気中の二酸化炭素ガス濃度を大気レベルまたは1%(v/v)にして、30℃で4日間処理するのが望ましいと思われた。

小枝柿の燻蒸脱渋処理には、高温処理による追熟作用、雰囲気中の二酸化炭素ガスのほかに、エチレンガスによる追熟作用、燻煙材由来の揮発性成分が関与していると考えられた。

事業展開の見通しと期待される効果

(1) 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

小枝柿を燻蒸脱渋処理した甲子柿は、モデル脱渋処理した別品種渋柿に比較して、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-カロテンの含量が有意に多いことが明らかになった。したがって、甲子柿の成分特性を科学的に解明したことにより、その特長や多品種柿との違いが明確にできたので、販売対策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

モデル脱渋処理でガス捕集袋内のエチレンが検出されるようになり、エチレン生成量が、愛宕柿>平核無柿>小枝柿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、エチレン吸収剤を同梱した包装形態を提言できた。

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、燻煙成分に起因することが推察できた。

小枝柿はモデル脱渋処理前後でスクロースが検出されず、モデル脱渋処理によりグルコース含量が増加したことから、燻蒸脱渋処理における甲子柿の甘味増強は、還元糖の増加(主にグルコース)に起因し、小枝柿が還元糖蓄積型品種であると推察できた。

小枝柿の脱渋容易性(可溶性タンニン含量の減少度合い)は、多品種渋柿(平核無柿、愛宕柿)よりも高いこと、可溶性タンニン含量が甲子柿での値まで減少するのに、40℃のモデル脱渋処理で2日間、30・20℃のモデル脱渋処理で4日間を要すること、小枝柿の総

アスコルビン酸含量がモデル脱渋処理の経時に従って減少すること、小枝柿果肉のリコペン含量が脱渋処理（30℃、0.04%（v/v）CO₂）により、β-クリプトキサンチン含量とβ-カロテン含量が脱渋処理（30℃、1.0%（v/v）CO₂）により最大値に達することを明らかにした。したがって、小枝柿を燻蒸脱渋処理して甲子柿を生産する際には、雰囲気中の二酸化炭素ガス濃度を大気レベルまたは1%（v/v）にして、30℃で4日間処理するのが望ましいことを提言できた。

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のほかに、エチレングスによる追熟作用、燻煙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、好ましい脱渋処理条件を解明したことにより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

本年度は、本実験項目の実施までに至らず、次年度に実施する。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。

(2) 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、その特徴や他品種柿との違いが明確にされ、販売対策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 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 渋戻り機構の解明およびその抑制方法の開発により、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年間に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、これに関わる企業・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。

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領域は、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できる。

(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れず守り続ける意欲も期待できる。

備考