

保存条件がクリ‘ぽろたん’の剥皮性，色調，実割れ，物性に及ぼす影響

誌名	日本食品保蔵科学会誌
ISSN	13441213
著者名	安木,健人 齋藤,寿広 生駒,吉識 高橋,哲也 鶴永,陽子
発行元	日本食品保蔵科学会
巻/号	44巻2号
巻号補足	
掲載ページ	p. 63-69
発行年月	2018年3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



保存条件がクリ ‘ぼろたん’ の剥皮性, 色調, 実割れ, 物性に及ぼす影響

安木 健人^{*1}・齋藤 寿広^{*2}・生駒 吉識^{*3}
高橋 哲也^{*4}・鶴永 陽子^{*5§}

* 1 島根大学生物資源科学研究科

* 2 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構果樹茶業研究部門

* 3 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構本部

* 4 島根大学人間科学部

* 5 島根大学教育学部

Effects of Preservation Conditions on Peelability, Color Tone, Fruit Cracks, and Physical Properties of the Japanese Chestnut “Porotan”

YASUGI Kento^{*1}, SAITO Toshihiro^{*2}, IKOMA Yoshinori^{*3},
TAKAHASHI Tetsuya^{*4} and TSURUNAGA Yoko^{*5§}

* 1 Graduate School of Life and Environmental Science, Shimane University,
1060 Nishikawatsu-cho, Matsue, Shimane 690-8504

* 2 Institute of Fruit Tree and Tea Science, NARO, 2-1, Fujimoto, Tsukuba, Ibaraki 305-8605

* 3 NARO Headquarters, 3-1-1 Kannon-dai, Tsukuba, Ibaraki 305-8517

* 4 Faculty of Human Sciences, Shimane University, 1060 Nishikawatsu-cho, Matsue, Shimane 690-8504

* 5 Faculty of Education, Shimane University, 1060 Nishikawatsu-cho, Matsue, Shimane 690-8504

The Japanese chestnut (*Castanea crenata* Sieb. et Zucc.) “Porotan” has excellent peelability, but its quality deteriorates during storage and heat-processing. We investigated the effects of storage temperature and peeling timing on chestnut quality after steam treatment of “Porotan”. The chestnuts were subjected to five processing strategies with different storage conditions, and their peelability, color tone, fruit cracking, and physical properties after storage were evaluated. First, regarding peelability, no clear differences were observed among the five processing strategies. Second, on measurement of color tone by using a color reader (L^* , a^* , and b^* values) after steam treatment, discoloration was noted especially after refrigeration storage (R) along with the occurrence, but it hardly occurred under freezing conditions (F), after refrigeration and under freezing conditions (RF), after refrigeration for 1 month followed by peeling and further storage under freezing conditions (RPF). Furthermore, occurrence of mold was observed after R. Third, fruit cracks were observed in all chestnuts at the start of storage (S) and after storage under F, whereas the number of fruit cracks decreased after R and RPF. Finally, with respect to physical properties, chestnuts under RPF tended to soften after steam treatment compared to those under R. Together, these results indicate that RPF is the most suitable storage method.

(Received Jul. 10, 2017 ; Accepted Dec. 11, 2017)

Key words : “Porotan”, storage temperature, quality, peeling timing, fruit cracks
‘ぼろたん’, 保存温度, 品質, 剥皮のタイミング, 実割れ

* 1 〒690-8504 島根県松江市西川津町1060

* 2 〒305-8605 茨城県つくば市藤本2-1

* 3 〒305-8517 茨城県つくば市観音台3-1-1

* 4 〒690-8504 島根県松江市西川津町1060

* 5 〒690-8504 島根県松江市西川津町1060

§ Corresponding author, E-mail : ytsurunaga@edu.shimane-u.ac.jp

植物分類学上でブナ科(Fagaceae)のクリ属(Castanea)に属しているクリは、世界各地の温帯地域で栽培されている¹⁾。日本でのクリの結果樹面積は19,300ha、出荷量は12,100tであり²⁾、そのうちの大半をニホングリ(*Castanea crenata* Sieb. et Zucc.)が占める。ニホングリは、チュウゴクグリと比較して、渋皮の剥皮性が劣るものの、大果で、収量等栽培性に優れるという特徴を持つ³⁾。ニホングリの加工品としては、主に甘露煮、栗きんとんや栗ご飯などがある。しかし、これらの加工の際に、前述した渋皮剥皮性の低さにより、これまで剥皮処理に多大な労力と費用を必要としてきた⁴⁾。そのため、ニホングリにおいて剥皮性に優れた新品種の開発が望まれていた。そのような中で、独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構果樹研究所が開発し、2007年に品種登録されたのがニホングリ‘ぼろたん’である(図1)。⁵⁾‘ぼろたん’は、果皮の剥皮性に優れた品種であり⁵⁾、Tanaka *et al.* の剥皮スコア⁶⁾を用いて、鬼皮と共に渋皮が剥ける状態を0、剥皮時間が1分以内、1~5分、5分以上をそれぞれ1、2、3として4段階で焼き栗の剥皮性を評価したところ、既存のニホングリ品種‘丹沢’が2.1に対し、‘ぼろたん’は0.2であった(スコアが低いほど剥皮性に優れる)⁵⁾。また、‘ぼろたん’の栽培面積は全国に拡大しており、2008年では25.3haであったが、2014年には211.5haと約8倍にまで拡大した^{7),8)}。それに伴い、今後、‘ぼろたん’を用いた加工品が増加すると予想される。しかし、‘ぼろたん’は長期の冷蔵保存や甘露煮加工によって、果実に変色や実割れがそれぞれ発生しやすく、収穫直後のクリの健全果率(果肉に変色が無く、剥きグリとして出荷可能なもの)が約90%であったのに対して、4か月間+2℃冷蔵保存を行うことで健全果率が約35%程度に落ち込んだという報告がある^{9),10)}。実割れはクリの商品価値を低下させてしまう原因の一つであり、対策が必要である。

そこで、本研究ではこれらの問題を解決すべく、保存温度(0℃ならびに-25℃)、剥皮処理のタイミング(冷凍保存の前後)、冷凍保存前の0℃保存の有無ならびに蒸熱処理が6か月保存したクリ果実の剥皮性、色調、

実割れおよび物性に及ぼす影響について検討し、‘ぼろたん’の保存中における品質保持のための最適な方法を明らかにした。

材料および実験方法

1. 供試材料および処理区

‘ぼろたん’果実は2015年9月7、8日に独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構果樹研究所(茨城県つくば市)で収穫された果実を用いた。収穫後、果実は厚さ0.03mmのポリエチレン袋に入れ、非密閉の状態ですべて5℃にて貯蔵され、クール便で9月16日に到着した。実験に必要な量を確保することと、採取地がつくば市、実験実施場所が松江市と遠方であったことから、収穫から保存開始まで8~9日を要した。この間に、‘ぼろたん’のデンプン含量の低下およびショ糖含量の増加などの品質変化が懸念されたが、クリの流通に関しては0℃~5℃で1~3か月間程度貯蔵するのが一般的であることから^{11)~13)}、貯蔵ならびに輸送期間の品質変化は小さいものと考え、試料到着日を保存開始時区とした。

果実は、保存温度および剥皮のタイミングにより、次の5つの処理区を設定した。「保存開始時区」(Start of the storage, 以下S区)は、クリの到着後直ちに剥皮および各分析を行った。「冷蔵保存区」(Refrigeration, 以下R区)は0℃に設定した低温インキュベーター(福島工業製, FMU-263I)にて冷蔵保存し、6か月保存後に剥皮および各分析を行った。「冷凍保存区」(Freezing, 以下F区)は-25℃に設定したバイオフリーザー(日本フリーザー株式会社製, GS-5210HC)にて冷凍保存し、6か月保存後に剥皮および各分析を行った。「冷蔵1か月+冷凍保存区」(Refrigeration and Freezing, 以下RF区)は0℃に設定した低温インキュベーターにて冷蔵保存を1か月行った後、-25℃に設定したバイオフリーザーで冷凍保存し、6か月保存後に剥皮および各分析を行った。以上の4処理区は保存前に厚さ0.03mm、大きさ180×270mmのポリエチレン製袋に、保存期間ごとに15個体ずつ分けて入れ、ハンカチ折りにして保存した。

「冷蔵1か月剥皮後冷凍保存区」(Refrigeration for 1 month followed by peeling and further storage under freezing, 以下RPF区)は0℃に設定した低温インキュベーターで1か月間冷蔵保存を行い剥皮を行った。剥皮後の果実は、厚さ0.075mm、大きさ200×300mmのナイロンポリ袋に、保存期間ごとに15個体ずつ分けて入れ、真空パックシーラー(富士インパルス, FCB-200)で真空包装した。真空状態の果実は、-25℃に設定したバイオフリーザーで冷凍保存し、6か月保存後に各分析を行った。

2. 果皮の剥皮方法および剥皮時間の計測

S区および冷蔵保存後の果実は、ぼろたん専用ハサミ(長谷川刃物製, PS-50)で果実の頂点から座に至るまで、外周上に沿って1周、それぞれ深さ2mm~3mmの切

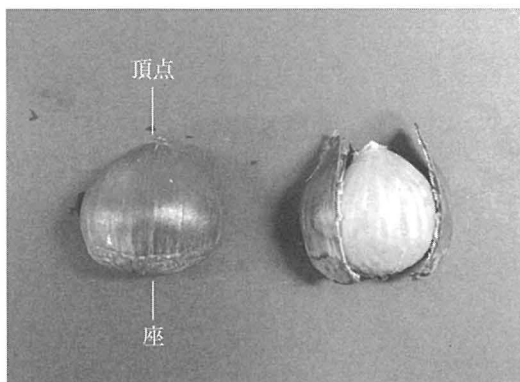


図1 ‘ぼろたん’果実

り込みを入れた (図1)。容量8.5ℓステンレス製両手鍋に水を8分目まで入れ、IH調理器で沸騰させた後、果実を4個体ずつ入れ、加熱処理を3分間行い、鬼皮および渋皮を剥皮した。冷凍保存後の果実は、1分間熱湯に入れた後、上記のように切り込みを入れ2分間加熱し、剥皮を行った。その際、タイマーで剥皮に要する時間を計測した。その後、スチームクッカー (T-fal社製、ウルトラコンパクト) に果実を15個体置き、蒸熱処理を30分間施した。

3. ヒストグラムによる剥皮性解析

2. で記述した方法で剥皮に要する時間を測定した。なお、剥皮時間は個体差があるため、各処理区あたり45個体の剥皮時間を測定した。結果はヒストグラムと統計処理を用いて傾向と有意差を確認した。ヒストグラムは0-10秒, 11-20秒, 21-30秒, 31-60秒, 61-120秒, 121秒以上と剥皮の所要時間ごとに分布させた。統計処理はIBM SPSS Statistics Version 22を用いて、Kruskal-Wallisによる有意差検定を行い、有意水準0.05以下を有意とした。

4. 色調測定

蒸熱処理前後に、カラーリーダー (コニカミノルタセンシング株式会社製、CR-13) にて、果実表面の色調を測定しL*a*b*の表色系により評価した。各処理区につき15個体を測定し、平均値±標準誤差で示した。また、SPSSを用いて、一元配置の分散分析とTukeyの多重比較を行い、有意水準0.05以下を有意とした。

5. 実割れ数および物性測定

蒸熱処理後、視覚的に1個体の果実が2つ以上に割れている場合、「実割れ」と判断した。各処理区各保存期間あたり15個体を測定した。

物性の測定にはまとまった個体数が必要なため、R区は15個体、RPF区は10個体を測定に用いた。クリープメーター (YAMADEN社製、RE2-33005C) を用いて物性測定を行った。測定条件は、L40のアクリル樹脂製の延長プランジャーにNo.5 (直径5mm) のアクリル樹脂製円柱プランジャーを装着し、ロードセル20N、SPEED 1mm/sec、歪率80%に設定し、測定した。各試料の最大荷重、荷重歪み曲線は破断強度解析ソフト (YAMADEN社製、Ver2.2) を用いて求めた。最大荷重については、

SPSSによりt検定を行い、有意水準0.05以下を有意とした。

6. 果実の断面観察

6か月保存後の果実断面を走査型電子顕微鏡 (以下、SEM) を用いて観察した。蒸熱未処理の果実を本間ら¹⁴⁾の方法に従い、果実の横断面を中心部から外周部まで全てが含まれるようにメスを用いて約1mmの厚さに切り取った (図2)。切り取った果実は試料台上に載せ、卓上型SEM (日立ハイテクノロジーズ、TM3000) を用いて、果実の中心部と外周部の中間を観察した (図2)。加速電圧15kV、拡大倍率100倍で観察した。

結果および考察

1. 保存温度が剥皮性に及ぼす影響

RPF区を除く、S区および各処理区保存6か月における、果皮の剥皮時間のヒストグラムを図3に示した。いずれの処理区においても、0-10秒の剥皮完了個数が20個から30個前後であり、Kruskal-Wallis検定を行ったところ、処理区間に有意差は見られなかった。‘ぼろたん’が優れた剥皮性を有することは、高田らの食用油を用いた剥皮性試験により明らかになっている¹⁵⁾。高田らは、190℃の食用油を用いて剥皮を行い、‘筑波’が357.8±51.2秒、‘国見’が160.3±20.9秒であったのに対し、‘ぼろたん’が0.8±0.4秒 (全て1個体あたりの剥皮時間) で、これまでのニホングリの品種よりも非常に短時間で剥皮が可能であることを報告している。高田らの結果と本実験の剥皮時間の結果を比較すると、本実験の方が剥皮時間を長く要している。これは、蒸しグリよりも焼きグリの方が剥皮時間が短いとの報告⁵⁾や、2分間加熱する場合に150℃よりも190℃の方が剥皮時間が短いとの報告¹⁶⁾から、剥皮時の温度が大きく関係しており、高温の方が剥皮性に優れていることが要因と推察される。

剥皮性については、フェノール成分、特に重合型フェノールであるカスタヘジョンが渋皮と胚との接着に関係しているという報告がある¹⁷⁾。カスタヘジョンはタンニン的一种で、渋皮と果肉を接着する作用を有する。このカスタヘジョンの制御が剥皮性向上につながると考えられるが、本実験では、油での剥皮処理には劣るものの、冷蔵ならびに冷凍果実に関わらず、3分間の煮熱処理で

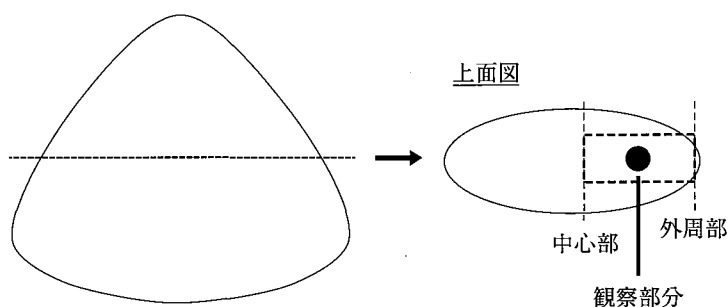


図2 SEM観察における試料の切り出し方法

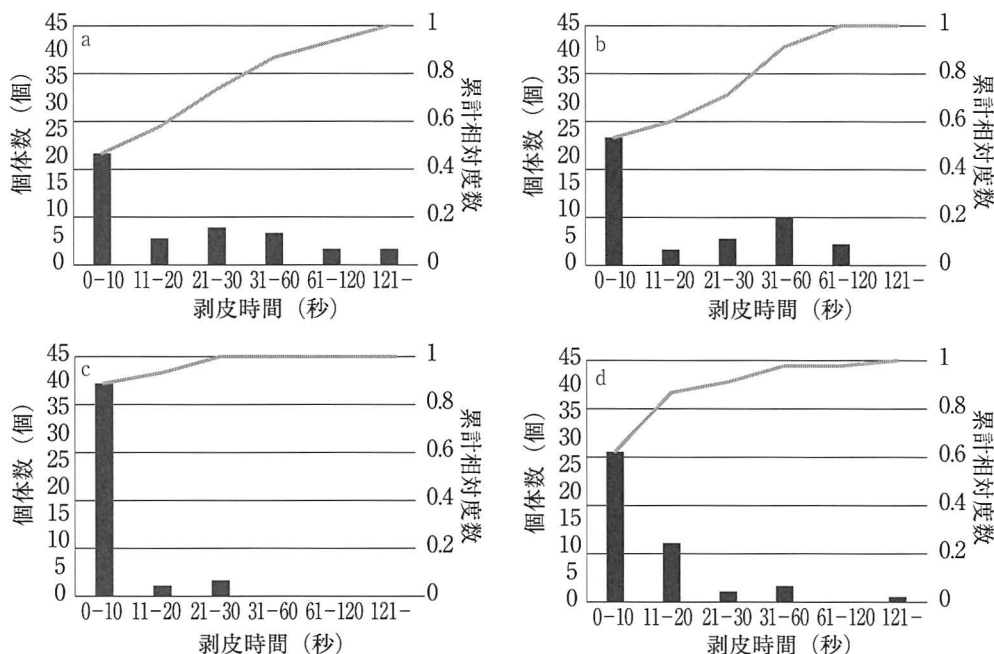


図3 剥皮時間のヒストグラム

a, S区 : b, R区 (3か月) : c, F区 (3か月) : d, RF区 (3か月)

棒はクリの個体数を表し、線は各剥皮時間の個体数を累計したものを表す。

(n=45)

も優れた剥皮性を十分に発揮できることを明らかにした。

2. 保存条件が果実の蒸熱処理前後の色調に及ぼす影響

S区および各処理区保存6か月における、果実の色調測定値を表1に示した。蒸熱処理前後の色調を比べると、全処理区にて蒸熱処理後にL*a*b値が低下する傾向が認められた。また、クリは通常、加熱加工して用いられることから、蒸熱処理後の処理区間の色調に注目した。L*値はS、F区とR、RPF区との間に有意差が認められ、S、F区の方が有意に高い値であった。a*値はR区と冷凍保存を行った処理区との間において有意差が認められ、R区にて有意に高い値であった。b*値はL*値と同様の傾向が認められた。また、蒸熱処理後のR区において顕著な変色が確認され(図4)、カビの発生が見られた。その他の処理区は、変色も少なく、良好であった。また、R区とRPF区との間のL*値とb*値については有意差はない結果であったが、写真(図4)ではRPF区はR区と比

べ、黄色みを保っていた。色調値(表1)と写真(図4)は同一のサンプルを用いたが、外観(図4)にはa*値も関与することから、R区と比較してRPF区のa*値が低いことが黄色みに影響したものと考えられた。

上記の蒸熱処理後における変色は、褐変反応である。褐変反応には、酵素的反応であるポリフェノールオキシダーゼなどの酵素群によるものと、非酵素的反応であるアミノカルボニル反応がある。酵素的褐変反応は、果実中に含有するポリフェノール物質が、酸化酵素群によって酸化され引き起こされる。クリの変色においては、酵素的褐変が関与しているとの報告¹⁸⁾があり、レタスでは0℃¹⁹⁾、ヨウサイでは1℃²⁰⁾といった低温下においても、活性は低いものの酵素活性が確認された報告がある。しかし、低温(5~10℃)でのポリフェノールオキシダーゼ制御による褐変防止についての記載もある²¹⁾。本実験の貯蔵期間は6か月と長期であったことから、酸化酵素

表1 蒸熱処理前後におけるL*a*b値

	L*値		a*値		b*値	
	蒸熱処理前	蒸熱処理後	蒸熱処理前	蒸熱処理後	蒸熱処理前	蒸熱処理後
S区	62.83 ± 1.00 ^c	57.52 ± 1.03 ^c	9.05 ± 0.47 ^a	6.40 ± 0.36 ^{ab}	49.54 ± 1.06 ^c	44.62 ± 1.36 ^d
R区	51.98 ± 1.84 ^b	39.81 ± 0.82 ^a	12.31 ± 0.48 ^b	8.56 ± 0.58 ^b	33.59 ± 1.54 ^a	19.91 ± 2.00 ^a
F区	56.36 ± 1.81 ^{bc}	54.57 ± 1.94 ^c	9.57 ± 0.82 ^{ab}	6.05 ± 0.92 ^a	45.91 ± 2.09 ^{bc}	39.05 ± 2.82 ^{cd}
RF区	51.91 ± 2.42 ^b	47.56 ± 1.69 ^b	9.69 ± 0.68 ^{ab}	5.43 ± 0.48 ^a	40.72 ± 3.00 ^{ab}	33.01 ± 2.35 ^{bc}
RPF区	43.89 ± 1.68 ^a	39.79 ± 1.34 ^a	11.61 ± 1.01 ^{ab}	5.60 ± 0.53 ^a	36.44 ± 1.95 ^a	25.82 ± 1.46 ^{ab}

S区, R区, F区, RF区, RPF区 平均値±標準誤差 n=15

Tukey検定により、異なるアルファベット間で有意差あり (p<0.05)。

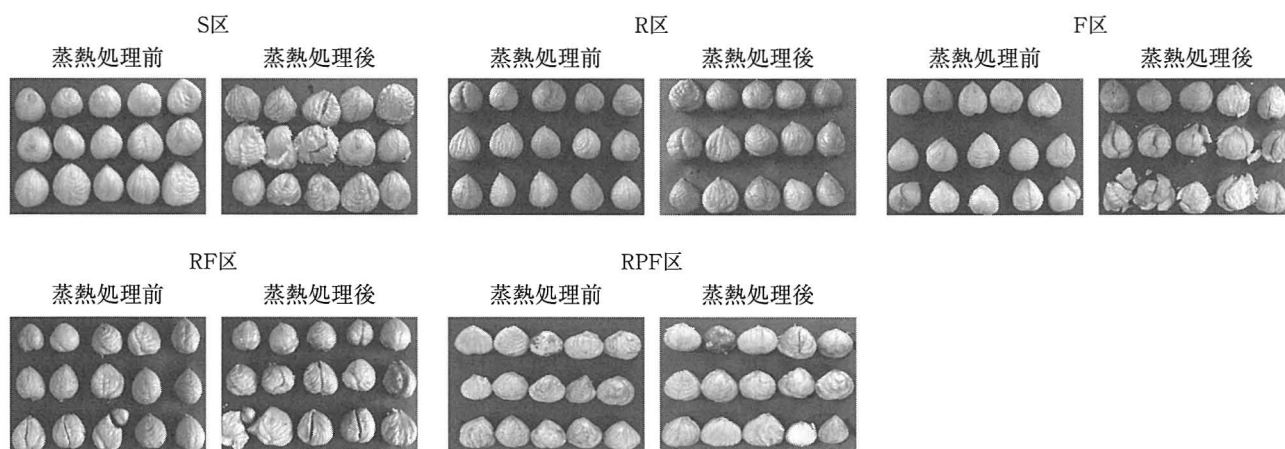


図4 蒸熱処理前後における果実の写真

S区は保存開始時，R，F，RF，RPF区は保存6か月後に撮影。

群の活性が低くても褐変が進んだと考えられた。

一方で、非酵素的褐変反応であるアミノカルボニル反応は、果実に含有するアミノ化合物およびカルボニル化合物が反応することで引き起こされる。この反応は、温度依存性が高く -20°C の温度下で褐変が完全に停止し²²⁾、高温ほど反応が促進される特徴がある。生クリはアミノ酸を2.7%²³⁾、還元糖を0.2%²⁴⁾含有しており、蒸熱処理時の顕著な変色はアミノカルボニル反応によるものと推察された。

これら2つの褐変反応を踏まえて、冷蔵保存中のR区での色調変化は、ポリフェノール酸化酵素群ならびにアミノカルボニル反応が複合的に関与したと考えられた。また、F区では6か月保存後の蒸熱処理前後ともに、色調がS区と有意差のない結果であった。これより、冷蔵保存中は褐変反応が停止したと考えられた。以上のことから、RF、RPF区がF区よりも若干暗い色調になったのは、1か月間の冷蔵保存中に褐変反応が進行したためと考えられた。ただ、本実験では、‘ぼろたん’のアミノ酸および還元糖を測定していないので、上記のことは引用文献からの推察にとどまっている。今後、両成分について測定し、冷蔵中の‘ぼろたん’の褐変解明につなげたいと考えている。

3. 保存条件が実割れと物性に及ぼす影響

S区および各処理区保存6か月における、蒸熱処理後の果実の実割れ数を図5に、S区を除く各処理区保存6か月の蒸熱処理前果実のSEM画像を図6に示した。なお、蒸熱処理前の全ての果実に実割れは認められなかった。R区およびRPF区では、どちらも実割れなしの割合が約67%であった。一方で、S区、F区およびRF区では、全ての果実が実割れした。これら3処理区のうち、S区以外のF区およびRF区では未剥皮で冷凍保存を行ったものであり、未剥皮と冷凍保存の組み合わせに実割れの原因があると考えられた。石井らは、貯蔵時のクリ果実内部の温度変化について試験しており、未剥皮の果実内

部が貯蔵開始から冷蔵庫内の温度と同温度になるまで、1日以上要すると報告している²⁵⁾。これより、冷凍保存を行う場合、果皮が存在することで、果実の中心まで凍結するのに時間を要することが考えられた。それに伴い、最大氷結晶生成帯温度の通過時間が長引くことで、氷結晶が生成され、組織が損傷を受け、実割れおよび果実の軟化につながったと考えられた。これは図6のSEM画像においても観察された。RF区は亀裂が多く見られ、損傷を受けているように見られた。一方、RPF区は0.5 mm程度の亀裂が確認できるものの、その数は少なかった。これより、損傷を受けた細胞が蒸熱処理を受けることで、さらなる果実の実割れにつながったと考えられた。

次にR区およびRPF区の保存6か月における、蒸熱処理後の果実の最大荷重を図7に示した。なお、これら以外の処理区の果実は蒸熱処理後に実割れし、測定に要する個体数が確保できず、測定が不可能であったため除外した。図7において、R区は最大荷重が5.8 Nを示すのに対して、RPF区は最大荷重が3.4 Nを示しており、有意差が認められた。これより、蒸熱処理後のRPF区の果実は同処理後のR区と比べ、柔らかいことが明らかになった。村上らは冷凍保存が黒豆の軟化に及ぼす影響につい

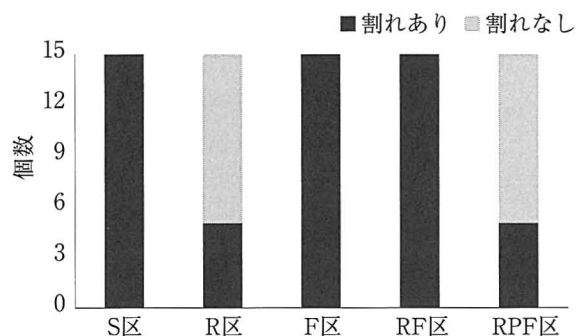


図5 蒸熱処理後における実割れ数

(n = 15)

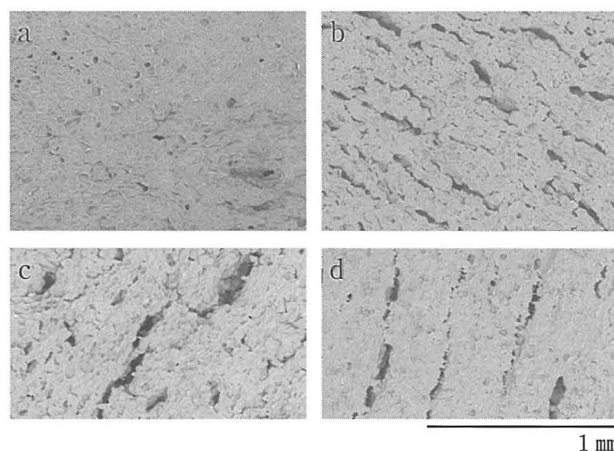


図6 果実断面におけるSEM写真 (×100)

a, R区 : b, F区 : c, RF区 : d, RPF区

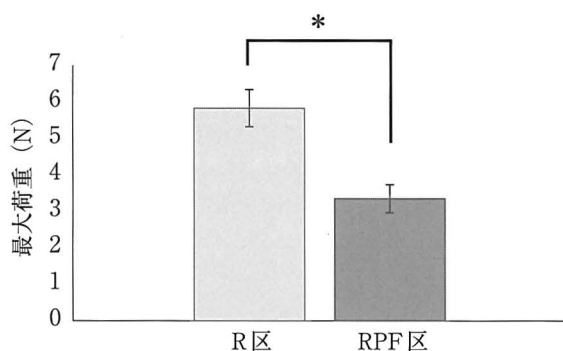


図7 蒸熱処理後の果実における最大荷重

R区 n=15, RPF区 n=10 縦棒は標準誤差を示す。

*: $P < 0.05$ (対応のないt検定 (両側))

て検討しており、冷凍保存を行うことで細胞が損傷を受け、破断強度が低下し、黒豆が軟化したと報告している²⁶⁾。図6のSEM画像をみると、R区は最も亀裂および細胞間隙が少ない結果であった。一方、冷凍処理をしたF、RF、RPF区は亀裂および細胞間隙が観察された。RPF区はF区やRF区よりも亀裂および細胞間隙が少なく、冷凍前に剥皮をする有効性が示されたものの、R区よりは多かった。これより、黒豆と同様の現象がクリ果実においても発生し、R区とRPF区における最大荷重の結果に影響を与えたと推察された。前述のとおり、F区およびRF区の果実は、皮付きのまま冷凍保存することから、冷凍が緩慢冷凍状態となり保存時の損傷が大きかったと考えられる。そのため、剥皮時に切り込みを入れる際ハサミが果実に接触し、さらなる傷が入ることで実割れにつながったと推察した。一方、R区も皮付きのまま保存するが、冷蔵保存のため保存時の損傷が少なく、ハサミが果実に接触した場合でも、表面に傷がつくものの実割れにまで至らなかったと考えられた。

要 約

ニホングリ‘ぼろたん’は剥皮性に優れた品種である。しかし、保存時や加熱加工時に品質が低下するという課題を持ち合わせている。本研究では‘ぼろたん’において、保存温度、剥皮のタイミングが蒸熱処理後の果実の剥皮性、色調、実割れおよび物性といった品質に与える影響について検討を行った。保存条件の異なる5つの処理区を設定し、保存開始時区、冷蔵保存区、冷凍保存区、冷蔵1か月+冷凍保存区は保存後に剥皮を行い、冷蔵1か月剥皮後冷凍保存区は冷凍前に剥皮を行い、調査した。

- ① 処理区間の剥皮性に大きな差は見られなかった。
- ② カラーリーダーを用いて色調を測定したところ、蒸熱処理により、 $L^*a^*b^*$ 値の減少が確認された。また、冷蔵保存区は蒸熱処理後の a^* 値が他の処理区と比べ、高い値であり、視覚的にも果実の変色が見られた。これより、冷蔵保存区では変色が顕著であり、カビの発生も見られたため保存方法として不適であった。なお、一方の冷凍処理を行った処理区では変色が少なかった。
- ③ 実割れにおいては、冷凍保存区では全ての果実が実割れするのに対して、冷蔵保存区および冷蔵1か月剥皮後冷凍保存区では実割れ数が減少した。
- ④ 物性においては、冷蔵保存と比べて、冷凍保存を行うことで、蒸熱処理後の果実が柔らかくなる傾向が見られた。

これらの結果より、冷蔵1か月剥皮後冷凍保存が有効な保存方法であることが明らかになった。

謝 辞 クリの分析にご協力いただいた中務奈美氏、斉藤真苗氏に深く感謝いたします。なお、本研究は、農林水産省の食料生産地域再生のための先端技術展開事業「被災地の早期復興に資する果樹生産・利用技術の実証研究」により行われた。

文 献

- 1) 農山漁村文化協会著：「クリ・クルミ・オウトウ・アンズ」(農山漁村文化協会，東京)，p. 27 (1985)
- 2) 農林水産省：「平成28年産西洋なし，かき，くりの結果樹面積，収穫量及び出荷量」(2017)
- 3) 西尾聡悟：ニホングリ渋皮剥性のDNAマーカーの開発，化学と生物，**52**，276～277 (2014)
- 4) 畑江敬子・嶋田淑子・戸田貞子・壽 和夫・香西みどり：官能評価によるクリ皮のむきやすさの検討，日本官能評価学会誌，**6**，36～40 (2002)
- 5) 齋藤寿広・壽 和夫・澤村 豊・阿部和幸・寺井理治・正田守幸・高田教臣・佐藤義彦・平林利郎・佐藤明彦・西端豊英・榎村芳記・小園照雄・福田博之・木原武士・鈴木勝征・内田 誠：ニホングリ新品種 ‘ぼろたん’，果樹研報，**9**，1～9 (2009)
- 6) TANAKA, K., KOTOBUKI, K. and KAKIUCHI, N.: Numerization of peeling Easiness and Role of Phenolic Compounds of the Pellicle in the Adhesion between the Pellicle and Embryo in Comparison of Japanese (*Castanea crenata* Sieb. et Zucc.) and Chinese (*Castanea mollissima* Blume) Chestnuts, *J. Japan Soc. Hort. Sci.*, **50**, 363～371 (1981)
- 7) 農林水産省：「平成20年度特産果樹生産動態等調査」(2011)
- 8) 農林水産省：「平成26年度特産果樹生産動態等調査」(2017)
- 9) 茨城県農業総合センター園芸研究所：クリ「ぼろたん」の貯蔵に伴う品質変化とその対策 (2013)
- 10) 茨城県農業総合センター園芸研究所：クリ「ぼろたん」に適した甘露煮加工方法 (2014)
- 11) 石川県農業総合研究センター：クリの簡易長期貯蔵技術 (2009)
- 12) 茨城県農林水産部販売流通課：特集 笠間の栗 (<http://www.ibaraki-shokusai.net/season/season7.php>) (参照2017-09-29)
- 13) 農山漁村文化協会著：「地域食材大百科 第3巻 果実・木の実，ハーブ」(農山漁村文化協会，東京)，p.135 (2010)
- 14) 本間貴司・井上栄一・松田智明・原 弘道：貯蔵中におけるクリ果実の貯蔵物質動態に関する走査電子顕微鏡観察，園学研，**8**，517～521 (2009)
- 15) 農業・食品産業技術総合研究機構：易渋皮剥皮性のクリ「ぼろたん」の渋皮の水溶性画分にはポリフェノールが少ない，成果情報 (2011)
- 16) 農業・食品産業技術総合研究機構：高温の食用油に浸漬して行う効率的なクリの渋皮剥皮法，成果情報 (2001)
- 17) TANAKA, K. and KOTOBUKI, K.: Partial Purification, Estimated Chemical Structure, and the Adhesive Property of Castanhesin between the Pellicle and Kernel of Chestnut, *J. Japan Soc. Hort. Sci.*, **67**, 14～20 (1998)
- 18) 原田 昇：クリ果の貯蔵に関する研究 (第3報)，園芸学会雑誌，**30**，125～129 (1961)
- 19) 茨木俊行・平野稔彦・鶴 暁子：レタスの切口褐変防止に関する研究，九州農業研究，**53**，188 (1991)
- 20) 於勢貴美子・茶珍和雄・岩田 隆：ヨウサイおよびツルムラサキの低温障害発生ならびに葉の黄化に関与する数種酵素活性の変化，日本食品保蔵科学会誌，**24**，315～318 (1998)
- 21) 木村 進・中林敏郎・加藤博通：食品の変色の化学 (光琳，東京)，p. 84 (1995)
- 22) 中林敏郎・木村 進・加藤博通：食品の変色とその化学 (光琳，東京)，p. 280 (1967)
- 23) 文部科学省：日本食品標準成分表2015年版 (七訂) アミノ酸成分表編 (2015)
- 24) 農林水産省：地理的表示保護制度 (GI) 登録の公示 (登録番号第38号) 飯沼栗の糖含量 (2017)
- 25) 石井 貴・藤田醸司・鹿島恭子・小田喜保彦：クリの低温貯蔵に関する研究 (訂正版)，茨城県農総セ園研報，**16**，1～12 (2008)
- 26) 村上知子・蛭田眞一・下村道子・畑江敬子：冷凍保存が黒豆の軟化に及ぼす影響，日本調理科学会誌，**41**，117～125 (2008)

(平成29年7月10日受付，平成29年12月11日受理)