

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 24 日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22580287

研究課題名（和文） 青果物の長期貯蔵に関する新技術の導入とその評価

研究課題名（英文） Development and evaluation on new methods for long term storage of fruit and vegetables

研究代表者

田川 彰男 (TAGAWA AKIO)

千葉大学・大学院園芸学研究科・教授

研究者番号：90216804

研究成果の概要（和文）：これまで熱湯が主だったブランチングに、新たにマイクロ波の適用を提案し、その可能性を調べた。その結果、青果物のブランチングにマイクロ波の適用は有効であるということが示唆された。デハイドロフリージングでは、物理的性質に与える影響の小ささから減圧—マイクロ波脱水法を採用した。パーシャルフリージングでは、パーシャルフリージング中の試料の力学的性質や色彩、質量の変化、電気インピーダンスを測定し、これらの過程が物理的性質に及ぼす影響を評価した。

研究成果の概要（英文）：As a new blanching method, the applicability of microwaving for blanching fruit and vegetables was proposed and examined. These results suggest that microwaving is useful for blanching fruit and vegetables.

For dehydro-freezing, the vacuum-microwave drying method was employed according to results having the least impact on the physical properties after freezing and thawing treatments. In a partial freezing for fruit and vegetables, the applicability of partial-freezing to storage of fruit and vegetables was investigated. Changes in the mechanical properties, color and mass of fruit and vegetables during partial-freezing were observed and the effects of these processes on the physical properties were evaluated.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,800,000	1,140,000	4,940,000

研究分野：農業工学

科研費の分科・細目：農業工学・農業環境工学

キーワード：ポストハーベスト、青果物、デハイドロフリージング、パーシャルフリージング、ブランチング

1. 研究開始当初の背景

青果物の加工前処理として必須のブランチ

ングには、主として熱湯浸漬法が用いられているが、構造組織の軟弱化や含有水溶性成

分の溶出、また、汚染水の問題があるため、他の方法によるブランチングの開発が望まれている。そのため、本研究では、青果物ブランチングにマイクロ波の適用の可能性を調査した。

青果物をより長期に貯蔵するためには、できるだけ低温で貯蔵した方が良いが、産物によっては低温障害の発生や、品質を維持できない等の問題がある。そのため本研究では、微凍結貯蔵（パースェルフリージング貯蔵；PF）と事前脱水を含んだ凍結貯蔵（デハイドロフリージング貯蔵；DF）による長期貯蔵の可能性を検討した。PFを含むスーパーチリング領域での研究としては水温貯蔵があるが、この領域における青果物に関する研究例は少なく、青果物のPF貯蔵に関する報告例はわずかに志塚・田川(2009)に見られる程度で、彼らは幾つかの青果物についてPF貯蔵時の物理的性質の変化を調べた。しかし、このPF法貯蔵を確立するには、より多くの青果物に対する同様な検討の他、化学的性質(有効成分の変化、酵素活性等)や生物的性質(細胞の状況や微生物の繁殖状態)の変化も把握する必要がある。

青果物のデハイドロフリージング(DF)に関する研究例は幾つかあるが、それらは脱水法として食塩水やショ糖溶液に浸漬する浸透圧脱水法を用いており、溶質の産物への付着等の問題から加工品としての用途に限定される。そのため、志塚ら(2008)は脱水法として減圧乾燥を適用し、その後、凍結、解凍、復水して様々な物理的性質の変化、特にインピダンス測定による細胞膜の健全性評価により、DFにおける脱水法として減圧乾燥利用の可能性を示唆した。しかし、DF技術の確立には、脱水、凍結、解凍、復水の各過程における方法および条件を幅広く検討する必要がある。特に脱水法では、脱水量ができるだけ少なく、且つ試料内部水分分布が均一であるような均一脱水方法の開発が重要である。このような脱水法を実施することにより、その後の過程の凍結、解凍の後に復水した際、より生鮮野菜に近い高品質の凍結貯蔵野菜の得られる可能性がある。この技術が確立されれば、野菜生産が困難あるいは不可能な極寒地域や急速に砂漠化が進行している地域での青果物

流通に大きく貢献できる可能性がある。

2. 研究の目的

本研究の目的は青果物の長期貯蔵について、新しい貯蔵方法を提案、評価することにある。すなわち、本研究では、(1)水産物や畜産物の貯蔵に対して有効とされているPF貯蔵を青果物に適用してその効果を検証し、様々な青果物の最適PF貯蔵条件を確立すること、(2)減圧下におけるPF貯蔵(減圧PF法)を検討し、その可能性を検証すること、(3)予め青果物水分の一部を脱水した後、凍結貯蔵を行うDFにおいて、脱水、凍結、解凍、復水におけるそれぞれの最適操作条件を検討・把握することを目的として行う。

3. 研究の方法

PF貯蔵試験はスターリングクーラ(SC-DF25)を用い、5, 0, -1, -2, -3℃の5段階の温度条件下でそれぞれ3, 5, 7, 14, 21日間の貯蔵を行う。減圧PF貯蔵試験ではスターリングクーラ(SC-DF25)と減圧用デシケータ、真空ポンプ(ULVAC GVD050)からなる試験装置を試作し、試験を行う。

DF貯蔵試験では、脱水法として減圧乾燥条件(1500Pa, 20℃)を基に、試料質量の5~10%減まで脱水する。さらに、試料内部の水分分布を均一にするためマイクロ波と減圧の交互乾燥による脱水試験を行う。凍結は、超低温冷凍庫(TME-230G)内での通常凍結および-40℃におけるブライン凍結法により行う。解凍は0℃の冷水および常温の空気により、復水は5, 20℃の水に1~10分間浸漬後、直ちに0℃の冷水に浸漬する方法による。

各過程中、および各過程終了後の物理的、電気的、化学的性質の測定および細胞構造観察の結果を基に鮮度(品質)評価を行う。

物理的性質；質量、色、硬度およびレオロジー特性；色彩変化は色彩色差計(現有)で測定。果肉硬度およびレオロジー特性は果肉硬度計(現有)およびレオメータ(現有)により計測。

化学的性質；糖度、ビタミンC等の成分変化、酵素活性の変化をBrix糖度計、分光光度計、HPLC、ヘリゲナイザー、遠心分離器を用いて測定。

電気的性質；インピダンスをLCRメータにより測定し、その測定結果を周波数における

resistance を横軸、reactance を縦軸にとってプロットする、Cole-Cole プロットの形状より、青果物細胞膜の健全性を評価。

細胞観察；細胞構造のマイクロスコプ、蛍光顕微鏡による観察と凍結状態での細胞観察を行い、脱水方法、条件を決定。

これらの結果を基に品質変化予測や鮮度評価を行い、新技術の有効性を検討する。

ブランチングでは、マイクロ波照射の青果物への適用を試みた。マイクロ波ブランチングでは、試料 6 個を電子レンジ (MRO-DF6, 日立製作所) 内に静置し、マイクロ波を照射した (設定出力 500 W)。なお、ラップフィルム (ポリ塩化ビニレン製, 旭化成ホームプロダクツ株式会社) で包装した試料および無包装の試料の 2 通りに対して行った。また、2 L の熱湯に試料 3 個を浸漬する熱湯浸漬加熱を対照として行った。各加熱後には直ちに氷水中で 20 分間冷却を行った。

4. 研究成果

1. PF 法の野菜におよぼす影響, 具体的には, 色彩変化, 硬度変化, 水分減少量の調査および電気インピーダンスによる細胞膜の健全性評価を行い, さらに, 電気インピーダンスと凍結温度の関係より, 貯蔵適温の下限を推定して, PF 法の適性を検討したところ, $-1\sim-3^{\circ}\text{C}$ 付近で貯蔵することにより物理的性質の変化が抑制されたことから, 野菜における PF 法の有効性が示唆された。野菜の PF 法における貯蔵温度の下限は冷却温度に対するインピーダンスの応答により推定できる可能性が得られた。また, -1°C における長期貯蔵性の検討を行った結果, 3 週間程度は十分な状態で貯蔵することが可能であり, 低温障害が発生しやすいキュウリにおいても PF 法を用いることにより, 長期間貯蔵できる可能性が示唆された。

ダイコンの DF における, 脱水, 解凍の条件に関して以下の知見を得た電気インピーダンスの測定結果, マイクロ波一減圧併用乾燥における

新鮮重量の 80% (93.4% (w. b.)) までの脱水ならば, 生試料とほぼ同等の細胞膜健全性を示した。脱水後における電気インピーダンスの測定結果, 凍結状態の細胞構造の観察, および内容成分の損失の観点から, 短時間で且つ内部水分を均一に脱水する併用乾燥は, DF における脱水法として適用できる可能性がある。硬さおよび貫入抵抗の結果, 短時間の解凍で, 同時に復水を行う温水浸漬解凍 (40°C) は表面硬化の抑制し, 解凍後のインピーダンス測定結果, 温水浸漬解凍 (40°C) は復水性を有し, Cole-Cole の円弧の維持が見られた。今後は詳細な解凍に用いる蒸留水の温度および浸漬時間の設定, 加えてその後の微生物の繁殖しやすくなる解凍後の温度管理の検討が必要である。

イモ類のブランチングに関して, いずれの試料に関しても, 試料中の POD の失活までに要する時間は包装, 無包装, 熱湯浸漬の順で短く, マイクロ波ブランチングによる時間短縮効果が明らかとなった。ブランチング後にはいずれの方法においても色差の増加が見られ, とくに, サトイモでは処理法の違いによる色彩変化の差が顕著であった。マイクロ波ブランチングを行った場合には試料に著しい軟化が見られた。マイクロ波ブランチングを行うことでドリップの発生を抑制することができた。カリウム損失率は加熱後, 冷却後, 解凍後それぞれにおいて熱湯浸漬よりマイクロ波ブランチングを用いた試料のほうが低い値となったことから, サトイモおよびナガイモのブランチングには包装した試料にマイクロ波を照射する方法が有用である可能性が示唆されたが品質に関しては更なる調査が必要である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 9 件)

- ① 今泉鉄平, 折笠貴寛, 村松良樹, 田川彰男: サトイモおよびナガイモへのマイクロ波ブランチングの適用, 日本食品科学工学会誌、査読有、59巻、11号、2012、583-590
- ② Man, L. V., Orikasa, T., Muramatsu,

- Y., Tagawa, A.: Impact of microwave drying on quality attributes of okra fruit, J. Food Processing & Technology, 査読有, Vol. 3, Iss. 10, 2012, 1-7
- ③ Orikasa, T., Wu, L., Potolish, R., Muramatsu, Y., Yano, T., Shiina, T., Tagawa, A.: Vacuum Drying Characteristics of Kiwifruit and Analysis of Drying Shrinkage, 農業施設(J.SASJ), 査読有, 43巻, 4号, 2012, 145-151
- ④ 森房素乃子, 折笠貴寛, 村松良樹, 田川彰男: カットリンゴの熱風乾燥における試料表面への散布処理が表面硬化および褐変に及ぼす影響、日本食品科学工学会誌、査読有、59巻、11号、2012、583-590
- ⑤ 玉木由香利, 折笠貴寛, 村松良樹, 田川彰男: マイカ波乾燥によって得られた乾燥野菜の空隙率が吸水性に及ぼす影響、日本食品科学工学会誌、査読有、59巻、8号、2012、401-408
- ⑥ 植村泰介, 田川彰男: テハイト[®]フリーズング[®]における脱水法がカットダイコンの物理的性質および解凍、復水条件に及ぼす影響、日本食品科学工学会誌、査読有、59巻、3号、2012、115-121
- ⑦ 安藤泰雅, 折笠貴寛, 椎名武夫、五月女格、五十部誠一郎, 村松良樹, 田川彰男: ジャガイモのブランチング[®]におけるカウム溶出およびマイクロ波の適用、日本食品科学工学会誌、査読有、58巻、7号、2011、284-290
- ⑧ T. Orikasa, L. WU, Y. Ando, Y. Muramatsu, R. Poritosh, T. Yano, T. Shiina, A. Tagawa: Hot air Drying Characteristics of Sweet Potato Using the Data of Equilibrium Moisture Content and the Deposition of L-Ascorbic Acid, International Journal of Food Engineering, 査読有, Vol. 6, Iss. 2, Article 12, 2010, 1-14
- ⑨ 安藤泰雅, 折笠貴寛, 椎名武夫、五月女格、五十部誠一郎, 村松良樹, 田川彰男: 調理用トマトのブランチング[®]および乾燥へのマイクロ波の適用、日本食品科学工学会誌、査読有、57巻、5号、2010、191-197
- ⑩ Man, L., V., Orikasa, T., Muramatsu, Y., Ogawa, Y., Tagawa, A.: Impact of microwave drying on the quality attributes of okra fruit, 農業環境工学関連学会 2012 年合同大会, 2012, 宇都宮大学
- ⑪ 今泉鉄平, 村松良樹, 折笠貴寛, 小川幸春, 田川彰男: 加熱処理を考慮したナガイモとダイコンの熱物性および電気物性の測定、農業環境工学関連学会 2012 年合同大会, 2012, 宇都宮大学
- ⑫ 吉田裕史, 折笠貴寛, 小川幸春, 田川彰男: キューイフルーツの熱風乾燥における熱湯浸漬ブランチング[®]による褐変防止, 第 59 回日本食品科学工学会, 2012, 藤女子大学
- ⑬ 今泉鉄平, 折笠貴寛, 村松良樹, 小川幸春, 田川彰男: 熱湯浸漬中のイモ類からの含有カウム溶出, 第 59 回日本食品科学工学会, 2012, 藤女子大学
- ⑭ 町田元気, 今泉鉄平, 折笠貴寛, 小川幸春, 田川彰男: ブロッコリーのブランチング[®]におけるマイクロ波の適用, 第 59 回日本食品科学工学会, 2012, 藤女子大学
- ⑮ 玉木由佳莉, 折笠貴寛, 小川幸春, 田川彰男: マイカ波照射によって得られた乾燥野菜の吸水性, 第 58 回日本食品科学工学会, 2011, 東北大学
- ⑯ 森房素乃子, 折笠貴寛, 小川幸春, 田川彰男: 熱風乾燥におけるリンゴ果肉スライスの表面硬化および褐変抑制, 第 58 回日本食品科学工学会, 2011, 東北大学
- ⑰ 今泉鉄平, 安藤泰雅, 折笠貴寛, 小川幸春, 田川彰男: ナガイモのブランチング[®]へのマイクロ波の適用, 第 58 回日本食品科学工学会, 2011, 東北大学
- ⑱ 植村泰介, 藤田かおり, 杉山純一, 小川幸春, 田川彰男: テハイト[®]フリーズング[®]処理の各過程における細胞状況の評価, 第 57 回日本食品科学工学会, 2010, 東京農業大学
- ⑲ 森房素乃子, 田川彰男, 小川幸春: 日本ナシの乾燥に関わる表面硬化と褐変の防止, 第 57 回日本食品科学工学会, 2010, 東京農業大学
- ⑳ 玉木由佳莉, 折笠貴寛, 小川幸春, 田川彰男: 異なる乾燥法を用いた乾燥野菜の吸水性, 第 57 回日本食品科学工学会, 2010, 東京農業大学
- ㉑ 安藤泰雅, 今泉鉄平, 折笠貴寛, 五月女格, 椎名武夫, 小川幸春, 田川彰男: ジャガイモのブランチング[®]へのマイクロ波の適用, 第 57 回日本食品科学工学会, 2010, 東京農業大学
- ㉒ 田川彰男, 今泉鉄平, 安藤泰雅, 折笠貴寛, 小川幸春: サトイモのブランチング[®]へのマイクロ波の適用, 第 57 回日本食品科学工学会, 2010, 東京農業大学

[学会発表] (計 13 件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田川 彰男 (TAGAWA AKIO)
千葉大学・大学院園芸学研究科・教授
研究者番号：90216804

(2) 研究分担者

折笠 貴寛 (QRIKASA TAKAHIRO)
岩手大学・農学部・准教授
研究者番号：30466007
(H23→H24：連携研究者)

(3) 連携研究者

村松 良樹 (MURAMATSU YOSHIKI)
東京農業大学・生物産業学部・准教授
研究者番号：60328549