

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24年6月8日現在

機関番号：11601

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21500752

研究課題名（和文）「凍み」操作による農産物の組織形成とその応用

研究課題名（英文） Porous structure formation by the “Shimi” method and its application to agricultural products

研究代表者

中村 恵子（NAKAMURA KEIKO）

福島大学・人間発達文化学類・教授

研究者番号：30235246

研究成果の概要（和文）：日本で昔から用いられる「凍み」（冬の夜間に食品を凍らせ、昼間にそれを溶かし脱水して乾燥すること）の加工方法を農産物に応用し、新しい食品素材を得るための条件を明らかにした。水戻しがしやすく外観の良い「凍み」製品を得るためには、凍結前に加熱処理を行い、 $-3\sim-10^{\circ}\text{C}$ で7～10日間凍結し、 5°C で乾燥させるとよいことが明らかになった。この方法を用いて、新たなジャガイモ及びニンジンの乾燥食品素材を作製し、その食味特性を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：The conditions to create a new food material from agricultural products was investigated by applying the “Shimi” method (freezing-thawing-dehydration). The conditions to obtain a good “Shimi” product was, (1)heating before the freezing, (2)frozen for 7~10 days at $-3\sim-10^{\circ}\text{C}$, and (3) dried at 5°C . Applying this method to agricultural products, new food materials were obtained from potato and carrot.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	2,600,000	780,000	3,380,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：生活科学、食生活学

キーワード：食素材

1. 研究開始当初の背景

凍みものは、東日本に見られる伝統的な保存食であり、冬季における夜間の凍結と昼間の解凍・脱水をくり返して干しあげた乾燥食品である。代表的な食品として、凍み豆腐、凍みもち、凍み大根が挙げられるが、いずれも多孔質のスポンジ状構造を持つことが特

徴である。凍み豆腐は、タンパク質の凍結変性により組織が形成されることは多くの研究より明らかになっているが、凍み大根をはじめ農産物の凍みものは、凍結・解凍と脱水をくり返すことによって細胞内に大きな氷結晶を生じさせ、細胞壁を損傷することで多孔質構造を作ると考えられる。

本研究は、この伝統的な「凍み」操作を農

産物の加工に利用することで、保存性や輸送性が付与されることはもとより、独特のテクスチャーによる嗜好性や煮汁のしみこみが良い調理性をも付与した、新規食品素材の開発を試みたものである。

2. 研究の目的

本研究では、「凍み」操作（凍結・解凍と脱水をくり返して乾燥させる方法）による農産物の組織構造の形成条件を明らかにし、新規食品素材の開発へ応用することをめざしている。

そこで、

- ①「凍み」操作によって、ダイコンに均一で空隙の大きなスポンジ状構造を形成するための凍結条件を明らかにすること
- ②①で得た試料を収縮させず、外観良く仕上げるための脱水・乾燥条件を明らかにすること
- ③ダイコン以外の農産物に対して「凍み」操作を行い、対象物の適用範囲と組織構造の設計条件を明らかにすること
- ④他の農産物を試料として新規食品素材を得て、その調理適性や食味特性を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

【実験①】「凍み」製品に及ぼす前処理の効果

ダイコン（φ60×20mm）を試料とし、A. 生のまま、B. 沸騰水中で5分間加熱、C. 沸騰水中で5分間加熱後流水下で2時間水さらし、の前処理を行った。その後、インキュベーター（SH-221）にて凍結・解凍を約20日間くり返した（3→-5→-5→3℃、各8時間のプログラム）。製品の外観を比較し、50℃で水戻しをした際の重量の変化を測定した。さらに、水戻し後の試料の物性をクリープメータ（RE-3305）にて測定した。

【実験②】凍結・解凍条件の検討

実験①と同様のダイコン試料を用い、-20、-5、-3及び-1℃で14日間凍結した。凍結期間中の試料切片を写真撮影し、画像解析ソフト（WinROOF）にて空隙の個数、空隙の面積、空隙の総面積率を測定した。-3℃で8～96時間凍結後、20℃で0～3時間解凍する凍結・解凍プログラムを設定し、空隙の形成過程について同様に測定した。

【実験③】乾燥条件の検討

実験①と同様に加熱後流水下さらししたダイコン(c)を試料に用い、-3℃で14日間凍結した。この試料を5、40及び60℃のイン

キュベーターに入れ、重量減少が0.1g以下となるまで（5℃で約150時間）乾燥させた。乾燥過程における重量変化及び乾燥後の試料外観を比較し、色を色差計（NR-11A）にて測定した。

【実験④】根菜類・果菜類への応用

試料にジャガイモ、ニンジン、ゴボウ、カブ、サツマイモ、タケノコ、レンコン、カボチャ、ナス、キュウリ、トマト、ブロッコリー等を用い、調理用に一口大の大きさに成形した後、-3℃で14日間凍結させた。試料断面の切片を写真撮影し、内部組織を観察した。

【実験⑤】ジャガイモ及びニンジンの「凍み」操作条件の検討

試料にジャガイモ（φ40mm×20mm）及びニンジン（φ28mm×20mm）を用い、100℃で210秒間ブランチング処理を行った後インキュベーター内で-15、-10、-5及び-3℃で28日間凍結した。実験②と同様にスポンジ状組織の形成過程を測定した。-10℃で7日間凍結した試料を5、60及び105℃で乾燥させ、実験③と同様に乾燥過程を比較した。

【実験⑥】ジャガイモ及びニンジンの凍み製品の性状

-10℃で7日間凍結し5、60及び105℃で乾燥させたジャガイモ及びニンジンの凍み製品を用い、20℃で水戻しを行って吸水率の変化を測定した。水戻し後の試料を沸騰水中で10分間加熱・冷却後、10×10×20mmの直方体に成形し、前述のクリープメータで物性を測定した。-10℃で7日間凍結し5℃乾燥を行ったブランチングあり及びなしのジャガイモとニンジン試料を用い、調味液中で加熱し、20名のパネルに対し2点比較法による官能検査を行った。

4. 研究成果

【実験①】「凍み」製品に及ぼす前処理の効果

凍みダイコン調製時の前処理として行われるゆで加熱及び水さらしの効果について検討した結果、加熱後流水下で水さらし処理をした試料（C）において、良好なスポンジ状組織が形成され外観が白く仕上がった。また、脱水・乾燥過程で収縮しても、「凍み」操作を行った試料は生試料を加熱乾燥したものよりも、水戻し時の吸水速度は早く、水戻し後の試料の外観及び食味は良かった。乾燥・水戻ししたにもかかわらず、ゆでたダイコンと性状がほぼ等しかった。すなわち、従来の乾燥法よりも「凍み」操作を施した製品の方が、調理への汎用性が高いと考えられた。



(左：乾燥後 右：水戻し後)
 図 「凍み」操作後と水戻し後の外観
 (加熱後流水下で水さらしをし、 $-5\sim 3^{\circ}\text{C}$ の温度プログラムで乾燥させた試料)

【実験②】凍結・解凍条件の検討

凍結温度を比較した結果、 -3°C で凍結した試料に大きな空隙が多数生じ、スポンジ状構造を呈した。また、凍結・解凍プログラムを比較した結果、スポンジ状組織の形成は、最大氷結晶生成帯通過時間や解凍操作の有無よりも、総凍結時間が大きく影響を及ぼすことが明らかになった。また、ダイコンでは部位によってスポンジ状構造のでき方に差があることもわかった。

【実験③】解凍・乾燥条件の検討

5°C では乾燥速度が遅く、乾燥が完了するまで 120 時間を要したが、 40 及び 60°C と比較して最も着色が少なく、外観は良好であった。乾燥温度が高いほど、試料は茶色に着色し a 値が大きくなった。乾燥温度による収縮率にはあまり差が見られなかった。

【実験④】根菜類・果菜類への応用

ニンジン、ゴボウ、レンコン、ジャガイモ、カボチャ、タケノコ(生、水煮)、ブロッコリー(茎)には多数の空隙が認められ、スポンジ状組織が形成された。一方、カブ、キュウリ、イチゴ、リンゴ、サツマイモには空隙が形成されず、糖やでんぷんを多く含む食品は凍みにくい傾向にあった。

【実験⑤】ジャガイモ及びニンジンの「凍み」操作条件の検討

実験④でスポンジ状組織が形成されたジャガイモ及びニンジンを試料に用いた。いずれにおいても、 -10°C で7日間の凍結条件で、空隙の個数及び空隙の総面積率が最も大きくなり、良好なスポンジ状組織が形成された。また乾燥においては、低温の 5°C で乾燥した方が、 105 及び 60°C での乾燥に比べて製品の収縮や着色は少なかった。ジャガイモの場合は、ブランチング処理を行うとスポンジ状組織を形成しやすくなり、乾燥後の製品は白く仕上がったが、ニンジンではブランチング処理の効果がみられなかった。

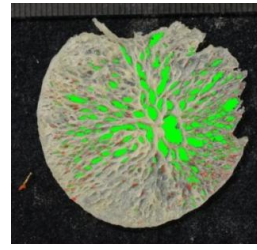
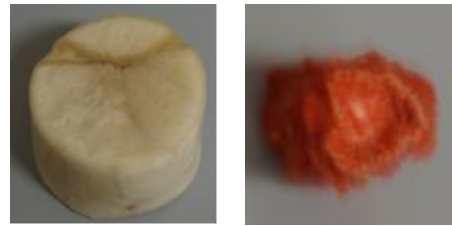


図 凍結ジャガイモのスポンジ状組織
 (ブランチング処理あり、 -10°C で7日間凍結)
 (緑の部分が空隙を示す)



(左：ジャガイモ 右：ニンジン)
 図 新規食品素材としての「凍み」製品
 (ブランチング処理あり、 -10°C で7日間凍結後、 5°C にて乾燥したもの)

【実験⑥】ジャガイモ及びニンジンの凍み製品の性状

ジャガイモの場合、ブランチング処理を行った製品は、吸水率の上昇が速くまた大きく、煮熟後の破弾力が小さかった。官能検査の結果、ブランチングありの凍みジャガイモは、生ジャガイモの煮熟状態と近いが、煮くずれにくく、長時間の煮込み料理などに適すると推察された。

ニンジンの場合、ブランチングの有無では、水戻しや煮熟後の破弾力に差がほとんどみられなかった。煮熟後の官能検査の結果、生ニンジンより凍みニンジンは、外観は劣るが味のしみこみが良く固い食感であった。



(左：ジャガイモ 右：ニンジン)
 図 「凍み」製品を煮熟したもの

以上をまとめると、

- 1) スポンジ状組織を形成する凍結条件は、農産物により異なったが、凍結温度は $-3\sim -10^{\circ}\text{C}$ 程度、凍結期間は 7~10 日間で適当であった。
- 2) 乾燥条件は、時間はかかるものの 5°C (送風あり) の条件が、製品の外観が最も良好であった。

3) 農産物に「凍み」操作を行う際には、前処理としてブランチング処理を行った方が、スポンジ状組織は形成されやすかった。

4) 「凍み」操作を行った製品は、行わなかった乾燥品と比較して、吸水が速く、形状の復元率が高かった。また、独特の歯ごたえがあり、煮崩れにくい傾向があった。

という結果が得られた。

本研究の結果、「凍み」操作の農産物への応用の可能性がひろがり、凍結乾燥や天日乾燥等による従来品とは異なった、低コストで吸水性が良く、独特のテクスチャーを持つ新規食品素材としての利用が期待される。

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)

[学会発表] (計3件)

① 中村恵子他、「凍み大根の調製方法と組織構造及び食味について」、日本家政学会、2009. 8. 31、武庫川女子大

② 中村恵子他、「凍み大根のスポンジ状構造形成に及ぼす凍結条件の影響」。日本家政学会、2010. 5. 30、広島大学

③ 庄子希実・中村恵子、「ニンジン及びジャガイモのスポンジ構造形成に及ぼす凍結条件の検討」、日本家政学会東北・北海道支部、2011. 9. 17、山形大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中村 恵子 (NAKAMURA KEIKO)
福島大学・人間発達文化学類・教授
研究者番号：30235246