

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 12 日現在

機関番号：82110

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26560050

研究課題名（和文）干し芋の保存性と嗜好性は両立できるか？～食品の品質を決める水和とガラス転移～

研究課題名（英文）Compatibility between storage stability and palatability of dried potato
-Hydration and glass transition determining the quality of food-

研究代表者

中川 洋（Nakagawa, Hiroshi）

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構・原子力科学研究部門 物質科学研究センター・研究副主幹

研究者番号：20379598

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：水分量の変化に伴う干し芋の水分状態とガラス状態の変化を分子レベルで明らかにし、干し芋が保存性を損なわずに柔らかな食感を保持するための水分条件を決定することを目的とした。研究を通じて、おいしい干し芋が一年中どこでも食べられるような、嗜好性と保存性を両立した干し芋の作成方法を提案することを目指した。研究の結果、干し芋の水分状態が水分量によって変化し、それがガラス転移の挙動とも関係していることが分かった。これらは今後、品種による水分状態の違いを検出するための手掛かりとなる。また消費者は干し芋に対して、季節感などを感じているため、干し芋を販売する季節は食文化の観点からも考察が必要であることが分かった。

研究成果の概要（英文）：The objective is to clarify the change of moisture state and glass state of dried potatoes at the molecular level, and to determine conditions for keeping a soft texture without deteriorating harming preservability by dried potato. Through research, we aimed to propose a method of making dried sweet potato with both palatability and preservation, such that delicious dried potatoes can be eaten anywhere throughout the year. As a result of the research, it was found that the moisture state of dried potatoes varies depending on the moisture content, which is also related to the behavior of glass transition. These will serve as a clue to detect differences in moisture status depending on the variety in the future. Consumers also feel the seasons feeling against dried sweet potatoes, so we found that it is necessary to consider the season when selling dried sweet potatoes from the viewpoint of food culture.

研究分野：食品物性

キーワード：食品と貯蔵 食品中の水

1. 研究開始当初の背景

干し芋は茨城県東海村やひたちなか市の名産品である。そのしっとりとした食感は嗜好品として好まれ1年の中でも冬場だけの食品として食される。しかし、以前の干し芋は保存食としての役割に重点が置かれ、現在のものより乾燥度合いが強かった。乾燥した干し芋はしっとりとした食感は失われ硬くなるが、カビや腐敗に強くなる。一般的に、水は微生物の増殖により食品を腐敗させる。魚の干物など多くの伝統的な乾燥食品は、乾燥により食品の水分含有量が減少し、また脱水に伴う食品自体のガラス化により保存性が増す。しかし、これらの食品保存の加工技術は伝統的な知恵によるもので、その科学的なメカニズムは未解明な点が多い。

2. 研究の目的

本研究では、水分量の変化に伴う干し芋の水分状態とガラス状態の変化を分子レベルで明らかにし、干し芋が保存性を損なわずに柔らかな食感を保持するための水分条件を決定することを目的とした。研究を通じて、おいしい干し芋が一年中どこでも食べられるような、嗜好性と保存性を両立した干し芋の作成方法を提案することにした。

3. 研究の方法

試料には、でんぷん(サツマイモ由来)、および干し芋(紅はるか、玉豊、泉)を用いた(下図1)。干し芋は、茨城県東海村のJAで購入した。水分活性測定には、ノバシーナ社製 LabSwift-aw の水分活性計を用いた。



図1. 干し芋(泉)

4. 研究成果

(1) 水分収着特性の解析

でんぷんと干し芋(泉)を用いて水分収着等温線を得た。その結果、干し芋については、水分量の変化に対して水分活性値の変化が少ない領域Aと、少しの水分量の変化でも水分活性値が大きく変化する領域Bに分けることができた。この領域Aから領域Bへは水分活性値が約0.8を境目に変化する。領域Bでは2週間程度でカビが発生し、領域Aに比べ保存性が低下していることが確認できた。一方、でんぷんでは、干し芋で現れた領域Bに対応する領域が見られなかった。このでんぷんと干し芋との水分収着特性の違いは、でんぷんのミクロ構造の違いかもしれない。干し芋の場合は、多孔質なミクロ構造を持っている、そこに水分子が入り込んで吸着しているのかもしれない。また、でんぷんを干し芋の単純なモデルとして利用するためには、今後

試料調製に工夫が必要である。

次にミクロ構造の観点から、水分の吸着挙動における干し芋とミクロ構造と関連性を調べるために、泉と紅はるかについて、そのままの状態とすりつぶした状態での水分収着等温線を測定した。その結果、いずれもすりつぶすと数%~数10%程度の上昇が見られた。このことから、干し芋のミクロ構造は水分の吸着状態と関係がある可能性が考えられる。今後、X線回折などの測定を検討中である。また120℃までの温度上昇により水分を取り除くことにより、水分量の測定も試みたが、厚みのある干し芋の場合、完全に水分を取り除くことができず、そのままの状態では水分量の精密な測定が難しいことが分かった。現在、測定の際の試料の形状を検討している。

次に、玉豊や紅はるかなど、さまざまな品種の干し芋について、水分活性値を測定した。どの品種も水分活性値は若干の個体差がみられたものの、おおむね約0.8近傍であることが分かり、中間水分食品の水分活性値を取ることが分かった。品種におけるミクロ構造の違いと水分状態の違いを、今後より詳細に調べたい。

(2) 示差走査熱量計(DSC)

干し芋のガラス転移を測定するために、DSCによりガラス転移を測定した(図2)。測定は2℃/minで行った。まず、室温から-130℃へ下げて測定を行った結果、-50℃あたりでガラス転移が見られた。また温度を100℃まで上昇させることで、干し芋の水分量を低下させた後、再度-130℃まで温度を下げて測定したところ、ガラス転移温度は水分量の低下により高温側にシフトすることが分かった。今後、水分低下とガラス転移温度の定量的な解析が必要であるが、水分状態によってガラス転移温度を制御できると考えられる。

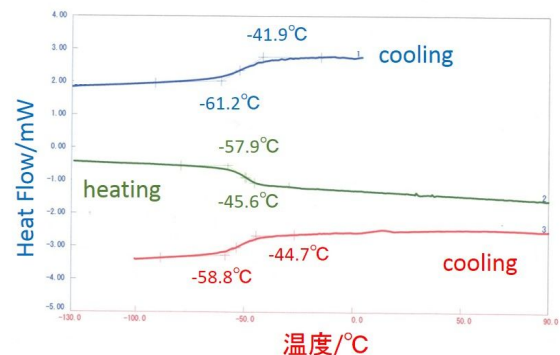


図2. 干し芋のDSC測定結果

(3) FT-IR

干し芋の水分状態を調べるために、FT-IR 測定を行った。中赤外領域では水のピーク評価を行い、KBr プレート法で測定を行ったところ、3350 cm^{-1} 付近にOH基の吸収が得られ、干し芋の水分状態の解析に中赤外領域の計測が有効であることが分かった。また近赤外領域では、スライサーを用いて試料中心部の切片を切り出した試料をCaF₂の窓板にはさみ、透過法で測定を行った(図4)。そして、自由水と結合水のピークの高さの比を求めた。また同様にして試料中心部の切片を切り出して1日程度乾燥させた後、試料を同様にサンプリングして測定を行い、自由水と結合水のピークの高さの比を求めた。その結果、乾燥前よりも乾燥後の方が、水分子のクラスターが減少したことが示唆された。現在、水分子の水素結合状態によって水和水を分類できないか検討中である。また更に、試料の位置による違いを調べた結果、干し芋の外側は結合水よりも自由水が少なく、中央部にいくにしたがって自由水が増加することが分かった。また同様の測定を1日程度乾燥させた試料に対して行い、自由水と結合水のピークの高さの比を求めたところ、外側と中央部の自由水と結合水の割合には大きな差異はなく、干し芋の全体的に水分子クラスターが減少することが分かった。

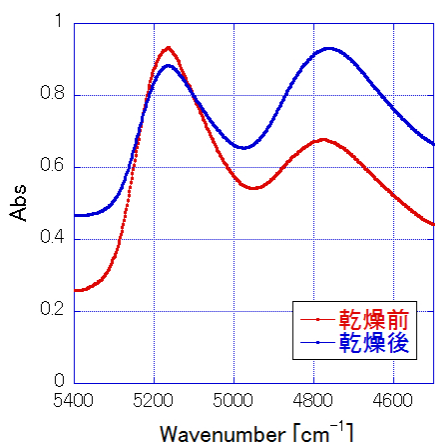


図4. FT-IR 測定結果

[アウトリーチ活動]

平成28年3月19日に茨城県東海村の東海村産業情報プラザで行ったサイエンスカフェで、本研究課題における干し芋研究の成果の一部を紹介した。

本研究では、「干し芋が一年中どこでも食べられる」ということを研究課題に設定して研究を行ったが、干し芋が生産されている地域の消費者とこの課題について議論したところ、「旬(特別感)を感じられるから、冬場だけでよい。」「季節感がなくなると、多くの食品の中に埋もれてしまうのではないか。」「夏の暑い日に干し芋を食べようと思わないから。いつでも食べられると逆に食べたいという気持ちが減る様な気がします。」

「干し芋で季節を感じたい。」といった声が多数上がり、参加者のおよそ2/3が一年中食べられるよりも、冬場だけでよいと考えていることが分かった。一方で、一年中食べられることのメリットとして、「地元の品をいつでも土産にできる」といった意見もあった。本研究は、一般的な食品の保存技術の研究として意義はあるが、干し芋については、食生活・食文化・地域性などの観点から考察する必要があることが分かった。

[今後の課題・展開]

本研究では、干し芋の水分状態が水分量によって変化し、それがガラス転移の挙動と関係していることが分かった。また現状においては、品種による水分状態の違いは検出できていないが、実際に食感なども異なるため、今後、水分状態やでんぷんなどのミクロ構造と食感や保存性との関係を調べていく必要がある。本研究でその手掛かりは得られたと考えている。また精製されたでんぷんを本研究のモデル系として使用するには、今後工夫が必要であることも分かった。実試料のミクロ構造を議論するうえで、でんぷんの測定も重要になる局面もあると考えられるため、今後、モデル系としてのでんぷんの取扱いについては検討を進める。

今後は、水分活性・DSC・FT-IRだけでなく、本研究の結果を踏まえX線や中性子などの量子ビーム散乱・回折実験による解析も進めたいと考えている。

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6件)

中川洋、片岡幹雄、"中性子で展開される生命科学研究所とその周辺のサイエンス"、日本加速器学会誌「加速器」、査読有、13、214-219 (2017)

H. Seto, S. Itoh, T. Yokoo, H. Endo, K. Nakajima, K. Shibata, R. Kajimoto, S. Ohira-Kawamura, M. Nakamura, Y. Kawakita, H. Nakagawa, T. Yamada, "Inelastic and quasi-elastic neutron scattering spectrometers in J-PARC", Biochimica et Biophysica Acta, 査読有, 1861, 3651-3660 (2017)

DOI : 10.1016/j.bbagen.2016.04.025

中川洋、片岡幹雄、"タンパク質の水和と機能発現"、冷凍(日本冷凍空調学会誌)、90、569-573 (2015)

中川洋、片岡幹雄、"蛋白質の水和とダイナミクス"、RADIOISOTOPES、査読有、64、647-659 (2015)

中川洋、”中性子非干渉性散乱と分子シミュレーションによる生体分子の水和とダイナミクスの研究”、波紋、査読有、25, 131-135 (2015)

中川洋、片岡幹雄、”水から読み解く「おいしさ」とは？”、波紋・世界結晶年記念特集号、査読有、24, 7 (2014)
<http://jolissrch-inter.tokai-sc.jaea.go.jp/search/servlet/search?5049446>

〔学会発表〕(計 16 件) 招待講演のみ記載

中川洋、”中性子非弾性散乱による食品タンパク質の水和とガラス転移の解析”、日本食品科学工学会第 63 回年会、2016 年 8 月 26 日、名城大学(愛知県・名古屋市)

Hiroshi Nakagawa, “Protein dynamics and hydration studied by inelastic neutron scattering and molecular dynamics simulation”, 2nd Asia Oceania Conference On Neutron Scattering 2015, 20 July 2015, Sydney (Australia)

中川洋、”水和と共役した生体分子のダイナミクスと機能発現”、機能物性融合科学研究会シリーズ2 ソフトダイナミクス、2015 年 4 月 2 日、東京大学物性研究所(千葉県・柏)

中川洋、”中性子非干渉性散乱と分子シミュレーションによる生体分子のダイナミクスと水和構造の研究”、第 3 回物構研サイエンスフェスタ、2015 年 3 月 17 日、つくば国際会議場(茨城県・つくば)

中川洋、”非干渉性中性子非弾性散乱による蛋白質/水界面の水和状態と揺らぎの解析”、高分子表面研究会、2015 年 1 月 30 日、京都大学 東京オフィス(東京都・港区)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中川 洋 (NAKAGAWA, Hiroshi)

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
原子力科学研究部門 物質科学研究センター・研究副主幹

研究者番号：20379598