

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 15 日現在

機関番号：25406

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K02408

研究課題名(和文)コロイド食品としての野菜のテクスチャーへの加熱調味の影響と新調理システムへの展開

研究課題名(英文)The effects of cooking on the texture of vegetables as food colloids and its application to a cook-chill system

研究代表者

杉山 寿美(SUGIYAMA, Sumi)

県立広島大学・地域創生学部・教授

研究者番号：10300419

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、加熱野菜の加熱、保存、再加熱過程での体積、水分量、可溶性ペクチン量を把握し、おいしさの変化要因を明らかとすることを目的とした。結果、加熱野菜の重量および水分量は、加熱時に減少、保存時に増加、再加熱で減少したが、体積は保存時に増加しなかった。また、食塩を含む調味液加熱において、保存時に野菜内部のNa量が増加し、破断応力の低下と可溶性ペクチン量の増加が認められた。これらから、保存時に、細胞間に加熱溶液が流入し、Naの浸透が軟化を促し、同時に、隣接する細胞を圧縮するために体積増加が生じない重量増加が生じていると考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の目的は、加熱野菜のおいしさの変化するメカニズムを解明し、クックチルシステムや真空調理法にそのメカニズムを展開することである。本研究の結果、加熱野菜の保存過程において、ペクチンの可溶化やテクスチャー変化が生じていることが明らかとなり、また、野菜へ浸透するNa量を減少させることや、野菜からのペクチンの溶出を抑制することで、加熱後の状態を維持できることが示唆された。本研究は、給食施設等のみでなく、家庭においても加熱調理後に保存した料理を食する機会が多くなっている中で、加熱野菜のおいしさの変化要因を構造変化から明らかとしたものであり、応用可能な調理科学研究である。

研究成果の概要(英文)：The present study aimed to determine the volume, moisture content, and water-soluble pectin content of cooked vegetables during the cooking, storage, and re-heating process and to identify the factors contributing to the changes in palatability. The results showed that both the weight and moisture content of cooked vegetables decreased during cooking, increased during storage, and decreased during re-heating; however, the volume of cooked vegetables did not increase during storage. Furthermore, when salt-containing seasoning solutions were used in the cooking process, during storage, there was an increase in sodium content within the vegetable, a decrease in rupture stress, and an increase in soluble pectin content. These findings suggested that during storage, the heated solution flowed into the extracellular space, where the penetration of sodium promoted softening. And the increase in weight without any increase in volume may have been caused by the compression of adjacent cells.

研究分野：調理科学

キーワード：野菜 加熱 体積 ペクチン 軟化 ナトリウム

1. 研究開始当初の背景

加熱野菜は、加熱と調味の程度によっておいしさが決定され、出来上がり後もおいしさは変化する。社会環境の変化の中で、給食施設等におけるクックチルシステムのみでなく、家庭においても加熱調理後の料理を購入することが日常となりつつある。加熱野菜は、個体に液体が分散した不均一な構造のコロイド食品であるが、その構造に着目した加熱・保存過程の変化や調味料の影響に関する研究はなされていない。本研究では、加熱野菜のおいしさの変化要因を明らかとし、クックチルシステム等でもおいしさを維持できることを目的として、加熱、保存、再加熱過程が、野菜の体積、水分量、ペクチン量、テクスチャー変化等に及ぼす影響を検討した。

2. 研究の目的

本研究の目的は、加熱調味で生み出される加熱野菜のテクスチャーやおいしさのメカニズムを解明し、クックチルシステムや真空調理法にそのメカニズムを展開することである。具体的には、通常の加熱調味・保存過程における分散相・連続相の変化を体積変化、ペクチン量変動、顕微鏡観察から、また、生じたテクスチャーやおいしさへの影響をテクスチャー測定および官能評価から、さらに、これらへの食塩等の調味料の影響を検討する。加熱過程のみでなく、続く保存・再加熱過程を有するクックチルシステム、加熱前に分散相の置換がなされる真空調理で、同様の検討を行い、通常調理の加熱調味との違いを明確化する。

3. 研究の方法

本研究では、大根、人参、じゃがいも、茄子を用いて、加熱、保存、再加熱をいくつかの条件で行ったが、以下、最も詳細に検討した大根での方法を記す。

(1) 試料調製

大根は、広島市内で購入し、必ずすべての条件の試料を同一日に調製し、実験日による差が生じないように配慮するとともに、異なる購入日の試料で実験を繰り返した。2.5cm角の試料3個を沸騰させた蒸留水あるいは調味液「砂糖5%、塩2%」「砂糖2.5%、塩1%」200mlに投入し、30分間加熱した。加熱はピーカーとラジエントヒーター(FG-6000NR, MFG)で行った。その後、加熱溶液中あるいは溶液から取り出した状態でクイックチラー(QXF-005BC5, フクシマ)で急冷、1日間保存(5)し、その後、再加熱(15分)を行った。

真空調理試料は、真空パック袋に2.5cm角の試料3個と試料重量の50%の蒸留水あるいは調味液「砂糖5%、塩2%」「砂糖2.5%、塩1%」を入れ、真空包装機(V-280A, 東静電気)で真空処理(真空度99%, 30秒)を行った。加熱は、ラジエントヒーターを用い、沸騰水中で30分間行った。その後、1日あるいは5日間冷蔵保存し、再加熱(15分)を行った。

(2) 重量、体積、水分、顕微鏡観察

加熱、保存、再加熱後の試料は、1分間網上で水を切った後に、重量、体積を試料1つずつ測定した。体積は、体積測定装置(VSP300, 英弘精機)で1つずつ測定した。水分量は、加熱前後の試料を3個ずつホモゲナイズし、水分計(MA150, Sartorius)で測定した。また、試料内部が2cm角になるように、内部と外部に切り分け、内部の水分量も測定した。組織観察は実体顕微鏡(SZX7, オリンパス)で行なった。

(3) Na量、糖量測定

水分量の測定と同様に、試料を内部と外部に切り分け、ホモジナイズ後、蒸留水中で一晩攪拌した。遠心分離(8000rpm, 20分)、ろ過後、上清を希釈し、Na量をNaイオンメーター(LAQUAtwin, 堀場)、糖量をフェノール硫酸法で測定した。

(4) テクスチャー測定

テクスチャーアナライザー(島津)を用いて、くさび型プランジャー(30mm, 60°)で15mmの圧縮を行い、破断応力(N)等を測定した。

(5) 可溶性ペクチン量

水分量の測定と同様に、試料をホモジナイズ後、蒸留水中で一晩攪拌した。遠心分離(8000rpm, 20分)、ろ過後、上清を250mlとし、3日間の透析を行った。希釈後、m-ヒドロキシフェニール法によってペクチン量を測定した。また、加熱溶液中に溶出したペクチン量も測定した。

4. 研究成果

以下、最も詳細に検討した大根での結果について示す。

(1) 加熱、浸漬保存、再加熱時の変化

重量、体積、水分測定、顕微鏡観察

大根の重量は、水加熱、調味液加熱「砂糖5%、塩2%」のいずれでも加熱時に減少し、浸漬保存時で増加、再加熱で減少した。加熱前重量あたりの水分量も、水加熱、調味液加熱のいずれでも加熱時に減少し、浸漬保存時に増加、再加熱で減少し、重量変化と同様の变化を示した。一方、体積は、加熱によって減少、浸漬保存で増加せず、再加熱でさらに減少し、重量、水分量とは異なる变化を示した。「砂糖2.5%、塩1%」の低濃度調味液加熱時は、重量は「砂糖5%、塩2%」と同様の变化を示したが、体積は加熱時に減少、保存時にわずかに増加、再加熱時に減少した。

また、顕微鏡観察では、加熱後と保存後で異なる組織構造が観察された。

Na量, 糖量

調味液加熱では、外部のNa量, 糖量は加熱, 保存, 再加熱時に増加, 内部は保存時に大きく増加した。水加熱では、糖量にわずかな減少が認められ, 大根に含まれる糖の溶出と考えられた。なお, 人参では, 調味液加熱では, 加熱時に増加したが, 保存, 再加熱時の増加が認められず, 人参からの糖の溶出と考えられた。「砂糖 2.5%, 塩 1%」の低濃度調味液加熱時のNa量は, 外部は加熱時に, 内部は保存時に増加した。

テクスチャー測定

加熱後の浸漬保存, 再加熱で破断応力, 破断歪は変化し, 調味液加熱では, 保存, 再加熱時の破断応力の低下は著しく, 官能評価においても硬さに有意な差が認められた。「砂糖 2.5% 塩 1%」の低濃度調味液加熱時は, 保存時の破断応力の低下はわずかであり, 高濃度調味液加熱における急激な低下とは異なっていた。これは, 低濃度調味液加熱では保存時に浸透するNaが少ないために架橋構造を形成するCaとの交換が起きにくく, 破断応力の低下が小さかったと推察された。

可溶性ペクチン量

可溶性ペクチン量は, 水加熱, 調味液加熱のいずれでも加熱, 保存, 再加熱時に増加し, 調味液加熱でより多かった。

加熱, 保存, 再加熱時の変化のまとめ(小括)

以上の結果から 野菜に存在する水分は加熱により溶出し, その後の保存時に加熱溶液が流入, 水分の減少と増加が生じていることが確認された。また, 調味料の有無は水分量の変化のみでなく, 加熱, 浸漬保存, 再加熱後のテクスチャーに影響を及ぼすことが確認された。

加熱による水分量変化には, 野菜の体積増加(膨張)による溶出と, 収縮によって生じた空隙への流入が関与し, テクスチャー変化には細胞壁多糖類であり隣接する細胞同士を結び付けているペクチンの -脱離による軟化, ポリガラクトツロナーゼによる低分子化・可溶化, ペクチンメチルエステラーゼとCaによる硬化が関与している。故に, 浸漬保存時の水分量増加が体積増加を伴わなかった点については, 細胞壁内に水が流入し, その体積は増加するものの, 可溶化したペクチンによって柔軟性を増した細胞壁が隣接する細胞を圧縮し, 全体としての体積が変化しなかったと推察された。また, 調味液加熱時の著しいテクスチャー変化は, Naによるペクチン間架橋の形成抑制に加え, 低分子化したペクチン存在部位への水分の流入がペクチン鎖間を広げ, 破断応力を低下させた結果と推察された。なお, 低濃度調味液での加熱, 保存時の重量, 体積, テクスチャー変化は, 高濃度調味液加熱, 保存時よりも小さく, これは保存時に流入するNaが少ないためと考えられた。

(2) 異なる加熱, 加熱条件における変化

保存条件の影響(加熱溶液から取り出して保存した場合)

上記(1)では, 加熱溶液中で浸漬保存したが, 加熱溶液から取り出して保存した条件も検討した。この場合, 保存時に重量は減少し, 再加熱で減少しなかった。体積は保存, 再加熱時にわずかに減少した。破断応力は, 水加熱で保存時に大きくなり, 再加熱時に低下した。調味液加熱では保存時の変化は認められなかった。Na量は保存時に外部は減少し, 内部は増加, 再加熱時には外部で著しく増加した。これらから, 溶液から取り出した保存では, 内部へのNaの浸透量が少ないために, 溶液中での保存した場合よりも, 再加熱時のテクスチャー変化が抑制されることが確認された。

真空加熱調理

上記(1), (2)では, ビーカーを用いて加熱を行ったが, 真空パック中での加熱, 保存, 再加熱の影響も検討した。この場合, 重量は水加熱, 調味液加熱のいずれでも真空時に増加, 加熱時に減少, 保存時に増加, 再加熱時に減少した。調味液加熱では重量減少が大きかった。体積は, 重量と同様に変化したが, 減少の程度が大きく, 真空調理においても重量変化と体積変化は一致しないことが確認された。

Na量は, 真空, 加熱, 再加熱時に外部のNa量が高くなり, 保存時に内部との差がなくなった。糖量は, 真空, 加熱時に外部の糖量が増加, 保存で減少, その後, 増加しなかった。破断応力は, 水加熱, 調味液加熱のいずれでも加熱時に減少, 保存, 再加熱でわずかに低下した。可溶性ペクチン量は, 水加熱, 調味液加熱のいずれでも加熱時に増加し, 保存, 再加熱時にわずかに増加したが, 水加熱と調味液加熱で差は認められず, 5日間保存によっても増加しなかった。保存, 再加熱時に可溶性ペクチン量の変化が小さかった要因は, 調味液量を大根の50%としたために内部まで浸透するNa量が少なかったこと, また, 真空調理により加熱溶液中へのペクチンの溶出が妨げられたためと考えられ, その結果, 破断応力の低下も認められなかったと考えられた。

(3) まとめ

以上, 本研究では, 加熱野菜の加熱, 保存, 再加熱後のテクスチャー変化に, 野菜に存在する水分の加熱時の溶出と, 保存時のNaを含む加熱溶液の流入が影響していることを明らかとし, さらに, クックチルシステムにおける保存, 再加熱によるテクスチャー変化の抑制には, 低濃度調味液で加熱し, 煮汁から取り出して保存することや, 可溶性ペクチンの溶出が妨げられる真空調理の利用が有効であることを示唆した。加熱野菜の構造に着目し, 加熱, 保存, 再加熱過程に生じるテクスチャー変化等を詳細に検討し, その関係を明らかとした本研究の成果は, 調理科学領域の独自性を発揮した研究であると考えている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 渡壁奈央, 水梨恵, 濱友紀, 松本茜, 石橋ちなみ, 杉山寿美
2. 発表標題 加熱野菜の体積, 水分量, テクスチャーへの保存・再加熱の影響
3. 学会等名 日本調理科学会2021年度大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡壁奈央, 齋藤実梨, 二反田彩, 西野真弥, 石橋ちなみ, 杉山寿美
2. 発表標題 加熱野菜の保存, 再加熱時の調味液の浸透とテクスチャー変化
3. 学会等名 第67回日本家政学会中国・四国支部大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	渡壁 奈央 (WATAKABE Nao)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------