

平成 22 年 6 月 2 日現在

研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2006～2009
 課題番号：18700592
 研究課題名（和文） 過熱水蒸気加熱及び高圧処理による野菜のペクチン質、組織、テクスチャーの変化
 研究課題名（英文） Changes in pectin, structure and texture of vegetables by superheated steam and high pressure.
 研究代表者
 寺本 あい（TERAMOTO AI）
 関東学院大学・人間環境学部・講師
 研究者番号：50275369

研究成果の概要（和文）：ニンジン、ジャガイモを用い各種加熱方法を試みた。加熱時間は圧力鍋(B)＜保温調理器(D)＜過熱水蒸気(A)＜ゆで(C)であった。最適加熱後の試料は、硬さが同程度であっても加熱方法によりトータルの食感に差異があった。また、煮崩れはD＜C＜Bであった。野菜の軟化と関係が深いペクチン質の総量はA＜D＜C＜Bであった。また、加熱後のジャガイモの官能評価における総合評価ではA＞C＞B＞Dの順に高い評価が得られた。

研究成果の概要（英文）：To determine the effects of cooking on pectin, structure and texture of vegetables, potato and carrot were cooked by methods as follows; superheated steam(A), high pressure(B), boil(C), and thermos pot(D). The heating time was B<D<A<C. The cooked samples by A, B, C and D methods which hardness were same, but the total texture were different. The extent of falling apart while cooking was D<C<B. The total amount of pectin was A<D<C<B. The total value by sensual test was A>C>B>D.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,500,000	0	1,500,000
2007年度	56,973	0	56,973
2008年度	1,043,027	312,908	1,355,935
2009年度	900,000	270,000	1,170,000
総計	3,500,000	582,908	4,082,908

研究分野：調理科学、給食経営管理

科研費の分科・細目：生活科学・食生活学

キーワード：保温調理器、圧力鍋、過熱水蒸気、加熱、破断強度解析、ペクチン

1. 研究開始当初の背景

料理のおいしさには、味のみではなく、食感や外観が大きく影響する。食感や外観は、それぞれの食品の持つ物性(テクスチャー)や組織構造によって決定される。このため調理におけるテクスチャーのコントロールは料理の出来上がりの品質を決定する要素となっている。

近年、家庭における小規模調理や集団給食施設等における大量調理など調理規模にかかわらず、従来の通常の鍋・釜による加熱、圧力釜による加熱、保温釜による予熱を利用した保温加熱、さらにはスチームコンベクションを用いた過熱水蒸気による加熱など様々な加熱器具や加熱方法が開発されている。また、食品工業分野では熱を使った加熱

にかわり超高压による加圧処理が用いられることもある。

過熱水蒸気や超高压の食品加工への利用に関しては、新規な加工食品や調理器具の開発など食品工業的な視点からの研究は様々なされてきているところである。本研究では、調理による食感の変化という現象を、組織構造やペクチンの変化と関連づけて評価することにより、それぞれの調理法の特徴を新たな視点で評価し、各々の食材や料理に適した調理法を選択する基準を示したいと考えた。

2. 研究の目的

調理過程におけるテクスチャーのコントロールが重要でありながら困難である野菜やいも類について、これらに含まれるペクチン質の量と組成、化学構造と野菜やいも類の組織構造やテクスチャーの関係に着目し、従来の加熱方法と最近の過熱水蒸気による加熱や超高压処理による変化を比較する。

このように多くの調理加工方法の食品のテクスチャーに及ぼす影響の差異と原因を分析することにより、その食品や料理に最も相応しい調理方法、すなわち操作が容易であり、安定した品質のよい料理を提供できる調理方法を検討する。

3. 研究の方法

(1) 実用サイズのジャガイモを使った実験 (2006年度)

試料：市販の北海道産メークイン-階級 2L を 6 等分した。

加熱方法：ゆで・真空保温調理器・圧力鍋・蒸し器・過熱水蒸気・天火によって加熱し、ジャガイモの中心温度が 100 に達してから、直後・2分後・5分後・7分後・10分後（真空保温調理器は 2~25 分後）に取り出した。真空保温調理器は、ジャガイモの中心温度が 100 に達するまで加熱した後、鍋を保温容器に入れた。ゆでは同じ器具を使った。圧力鍋は煮汁温度が 110 と 120 で加熱した。蒸し器はそれぞれの調理器具で加熱した。天火および過熱水蒸気は、ウォーターオープンを用い、天火はオープンコース、過熱水蒸気はウォーターオープンコースにて、庫内が 180 になるまで予熱後、ジャガイモを加熱した。なお、天火はアルミ箔の被覆がある場合と無い場合の両方の条件で行った。官能評価を行い、最適加熱時間を決めた。

温度測定：加熱中のジャガイモと煮汁または庫内温度をデータ・コレクタ（安立計器株式会社製）で測定した。

物性測定：最適加熱時間で加熱したジャガイモについて、クリープメーター（山電製）で破断強度解析を行った。

組織観察：組織構造の変化はクライオ 走査電子顕微鏡（日立 S-4500）で観察した。

官能評価：最適加熱後のジャガイモの官能評価を行った。

(2) ペクチン分析用サンプルを用いた実験 (2007~2009年度)

試料：市販の西洋人参、男爵いもを直径 10mm × 厚さ 5mm の円盤にくり抜き、1本(個)のニンジンおよびジャガイモで以下の A~D の処理サンプルを得る。

加熱方法：<A>過熱水蒸気による加熱（家庭で過熱水蒸気を利用して調理ができるオープン（ウォーターオープン「ヘルシオ」、シャープ製）、圧力鍋を用いた沸騰水中（120 ）での煮熟、<C>沸騰水中（100 ）での煮熟、<D>保温鍋（「シャトルシェフ」、サーモス（日本酵素）製）による熱水中での保温加熱をおこなった。

温度測定：加熱中の試料と煮汁または庫内温度をデータ・コレクタ（安立計器株式会社製）で測定した。

物性測定：クリープメーター（山電製）で破断強度解析を行った。

官能評価：外観、におい、テクスチャー、味などについて官能検査をおこなった。

ペクチン質の定量：1 生および各調理加工をおこなった試料から、希塩酸(A)、酢酸塩緩衝液(B)、ヘキサメタリン酸ナトリウム溶液(C)、塩酸(D)による分別抽出法でペクチン質を抽出し、フェノール硫酸法およびカルバゾール法で定量を行った。

4. 研究成果

(1) 実用サイズのジャガイモを使った実験 (2006年度)

ジャガイモの軟化への各種調理方法での加熱時間の影響

ジャガイモの中心温度が 100 に達するのは圧力鍋が最も速く、煮汁 120 で 9 分、煮汁 110 で 11.7 分、ついでゆで（および真空保温調理器）13.5~14.9 分、蒸し器 17 分、過熱水蒸気 21 分、天火 22~26 分の順であった。天火はアルミ箔の被覆があるほうが 22 分と、速く 100 に達した。

全体的に加熱時間が長くなるほど軟化する傾向にあった。官能評価の結果より、ゆで、真空保温調理器はジャガイモ中心温度が 100 になった後 2 分加熱または保温（100 2 分）、圧力鍋、蒸し器、加熱水蒸気は 100 直後、天火は 100 5 分を最適加熱時間とした。

異なる調理方法（最適加熱時間）で加熱したジャガイモの比較

1) 物性比較

皮層の破断応力は圧力鍋、過熱水蒸気で加熱した場合は低かったがその他はほとんど変わらなかった。しかし、外髄は圧力鍋、過熱水蒸気、蒸し器が低く、天火が高かった。

破断歪率は生、加熱後とも外髄に比べ皮層が高かった。皮層の歪率は天火が高く、生とほとんど変わらなかった。真空保温調理器、圧力鍋で加熱したものは低かった。外髄の歪率は調理方法による大差がなかった。

総合的に評価すると、硬さは誤差を考慮するとほとんど変わらなかった。

2) 微細構造の変化

組織構造を低倍率(200倍、400倍)で観察すると、細胞内にデンプンの粒が詰まっている様相が見られた。デンプン粒は外髄に比べ皮層で多く見られた。高倍率(2万倍)で細胞壁の微細構造を観察すると、細胞壁のミクロフィブリル同士がぴったりと接着されていた。

ゆでたジャガイモ(100 2分)を低倍率で観察すると、細胞内のデンプンが膨潤、糊化し、細胞内に広がっている様子が見られた。外髄でも同様であったが、デンプンはいも虫状に伸びていた。高倍率で観察すると、細胞壁に隙間が生じ、相当ゆるんでいた。他の加熱方法(真空保温調理器、圧力鍋、蒸し器、過熱水蒸気、天火)においても、同じような傾向が見られた。

3) 5点評価法による官能評価

見た目を比較すると、ゆで>真空保温調理器>蒸し器>圧力鍋>過熱水蒸気>過熱天火の順で、過熱水蒸気や天火では良い評価が得られなかった。これは、焼き色がついてしまったためと思われる。

ほくほく感については、大きな差は見られなかった。水っぽさは、煮汁中で加熱したゆで、真空保温調理器、圧力鍋はあり、蒸し器もややあるという評価であった。天火と過熱水蒸気については水っぽさがないとされた。

硬さの好みは過熱水蒸気の評価が高く、圧力鍋はやわらかいためか低い評価であった。その他はほぼ同じ評価であった。甘味および味の好みは、過熱水蒸気>天火>蒸し器>ゆで>圧力鍋>真空保温調理器の順に高い評価が得られた。これは、過熱水蒸気や天火は水分が蒸発し、味が凝縮されたためであると考えられる。

総合評価では、過熱水蒸気>蒸し器>天火>ゆで>圧力鍋>真空保温調理器の順に高い評価が得られた。

以上の結果より、煮汁中で加熱する調理方法より、蒸気や天火で加熱した水っぽさが少ないような調理方法の方が好まれることがわかった。官能評価では、ほとんどの評価項目で過熱水蒸気や天火で高い評価が得られた。

(2) ペクチン分析用サンプルを用いた実験(2007~2009年度)

ジャガイモ

1) 加熱中の温度履歴

過熱水蒸気では、食品中心温度は徐々に上昇していき、11分で中心温度が最高の103に達した。庫内温度は160の設定にしたため、160前後を保っていた。

圧力鍋は、食品中心温度、水中温度共に温度の上昇が最も早く、5分で中心温度が最高の114、水中温度が最高の120に達した。

ゆでは、食品中心温度、水中温度は徐々に上昇していき、13分で沸騰後、中心温度98を保持していた。

保温鍋は、食品中心温度、水中温度は徐々に上昇していき、煮熟と同様の曲線であった。10分で沸騰後、保温鍋に移した後は徐々に温度の低下はあったが、93~90を保持していた。

2) 物性測定

破断応力は、加熱時間が長くなるに従い低下したが、一定の加熱時間を過ぎるとほとんど変化がなく軟化が進まなかった。実際に食べてみて通常食するのに適切な硬さに加熱時間を決定したが、この時の破断強度解析の結果は処理方法によって破断応力が異なった。通常食するのに適切な硬さになるまでは、過熱水蒸気は11分、圧力鍋は4.5分、ゆでは22分、保温鍋は30分(うち加熱時間は10分)を要した。

食するのに最適な食感のジャガイモの破断歪率は、圧力鍋は11.5%、ゆでは11.4%、保温鍋は10.1%とほぼ同程度であったが、過熱水蒸気のみが21.5%と高くなった。過熱水蒸気の破断歪率が高いということは、食したときに噛み切りにくい食感であることが考えられる。実際に食べたときの感じは、圧力鍋、ゆで、保温鍋はホクホクしており、過熱水蒸気だけはネっとりとした食感であった。

試食により最も美味しいと評価された試料(最適加熱時間)であっても、破断応力・破断歪率の値は異なり、それぞれの加熱方法によって、加熱後のジャガイモの食感(テクスチャー)に特徴があることが分かった。

3) 外観の変化

加熱すると黄色みをおび、特に過熱水蒸気)のジャガイモは他の加熱方法よりも色が濃く、表面はサクサクしている様子がうかがえた。

4) ペクチン質の変化

ペクチン含量は生が一番低く、保温鍋が最も多かった。抽質区分では生はPDが一番多く、加熱後の試料ではPAが一番多かった。

ペクチン質が煮汁中に流出することにより圧力鍋、ゆで、保温鍋のペクチン含量が少なく、過熱水蒸気は圧力鍋、ゆで、保温鍋に比べペクチン質量が多く残存すると予測していた。しかし、結果は予測と反したものとなった。生のペクチン質量が低かったことは、ペクチン抽出過程においてサンプルの保存に不備があったことが原因と考える。このた

め、ペクチン質の抽質・分析については、再度実験を試みる必要がある。

ニンジン

1) 加熱中の温度履歴

過熱水蒸気による加熱は高温の水蒸気によって加熱するので7分で100に達した。合計の加熱時間は17分であった。

圧力鍋は鍋の中を高圧にするため温度の上昇はゆでよりも高く、およそ120まで上昇した。加熱時間は5分30秒であり、合計の加熱時間は6分10秒であった。

ゆでは100到達時間は13分であった。

保温鍋では100到達時間が12分であり、それから保温器に入れるために温度は徐々に低下する。このため、火が通るのに時間がかかった。適切な硬さになるのに70分かかり、温度は80になった。

2) 物性測定

破断応力は多少の誤差はあるが、どの加熱方法でも加熱時間が長くなるほどやわらかくなった。基本的な加熱方法であるゆで調理の加熱時間と応力の関係を調べたところ、試食により最適な硬さは加熱43分の硬さを基準とすることを決定した。他の加熱方法における加熱時間と破断応力の関係を調べたところ、基準に近い値となった加熱時間(最適加熱時間)は保温鍋82分、圧力鍋6分10秒、過熱水蒸気は17分であった。

破断応力から決定した最適加熱時間での歪率を比べたところ、加熱方法により違いが見られ、それぞれの食感が異なることがわかった。また、最適加熱時間前後の歪率をみると、保温鍋と過熱水蒸気では時間経過につれて歪率も低下していくが、ゆでと圧力鍋は歪率にばらつきがあった。これは、ゆでと圧力鍋では湯中による煮熟のために人参が静止した状態ではない加熱法であったためであると考えられる。

3) ペクチン質の変化

最もペクチン含量多かったのは過熱水蒸気であり、加熱調理前の生とほぼ同量の値であった。次いで保温>ゆでの順に少なくなり、圧力鍋が最も少なかった。

過熱水蒸気では、加熱によってペクチン質は分解されたが、水中での加熱ではないため溶出することはなく生とほぼ同量であったと考えられる。ゆで、保温鍋は水中での加熱により湯中にペクチンが溶出し、圧力鍋は高圧・高温下での加熱であるためペクチンの溶出がゆでや保温鍋と比べて多くなったと考えられる。

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)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

寺本 あい (TERAMOTO AI)

関東学院大学・人間環境学部・講師

研究者番号：50275369

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者