

平成 21 年 5 月 29 日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007 ～ 2008

課題番号：19500663

研究課題名（和文） 新調理システムにおける食品成分の変動についての系統的解明

研究課題名（英文） Systematic elucidation of change of food composition with cook-chill or cook-hot hold systems.

研究代表者：石永 正隆

県立広島大学・人間文化学部・教授

研究者番号：70110765

研究成果の概要：

Cook serve システムと新調理システムの食品成分変動と嗜好性との関係を把握することを目的とした。鮭、鯖、鶏肉は新調理システムで嗜好性が低下し、水分量に減少が認められたが、脂肪量に有意な減少は認められなかった。豚肉は温蔵 2 時間で嗜好性が向上し、より軟らかいと評価され、物性測定、コラーゲン量と一致した。また豚肉では Cook serve システムによる水分減少が著しかったものの、温蔵による減少は認められなかった。すなわち、新調理システムでは水分減少が著しく嗜好性が低下するが、豚肉では温蔵時に水分が減少することなく軟化し、嗜好性が向上することが明らかとなった。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	3,300,000	990,000	4,290,000
2008 年度	500,000	150,000	650,000
総計	3,800,000	1,140,000	4,940,000

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：新調理，調理過程，食品成分，脂質，蛋白質

1. 研究開始当初の背景

クックチルシステム、真空調理システム等から構成される「新調理システム」は、効率的な作業管理やHACCPに基づいた衛生管理等を可能とする調理システムである。新調理システムの特徴は、【加熱、冷却、保蔵、再加熱、保温といった一連の操作が連続的に行われる】点にある。しかしながら、新調理システムで調製した料理の嗜好性は、従来の調理方法で調製した料理と比較して低いことが経験的に示されている。しかしな

がら、【加熱、冷却、保蔵、再加熱、保温といった一連の操作が連続的に行われる】新調理システムの特徴に着目して、食品成分の変化を嗜好性との関係から系統的に評価した研究はこれまで行われていない。国内においては、スチームコンベクションオープンによる加熱条件を検討したものの、真空調理した鶏肉の食味に関する研究のみであり、調理機器や調理方法単独での報告である。国外においては、野菜のビタミン量を示した報告があるが、【加熱後に直ちに提供する従来

の調理過程(クックサーブシステム)との違いは明確になっていない。我々は、比較的長い保蔵期間と2回の加熱過程を経る新調理システムでは、食品成分の変動や構造変化、成分間反応がより複雑におこり、そのことが嗜好性に大きく影響しているのではないかと推察した。

2. 研究の目的

本研究は、新調理システムにおける食品成分の変動を系統的に解明し、その特性を脂質成分の変動や蛋白質の構造変化などから把握し、従来の調理システムとの違いを明確化、嗜好性を確保した調理工程を構築することを目的とする。まず、嗜好性低下が著しく、成分の変動が大きいと予測される動物性食品(肉類・魚介類)について検討する。肉類、魚介類について分析する。新調理システムによって様々な調理条件下で調理した動物性食品(肉類・魚介類)の官能評価を行い、調理条件の違いによる嗜好評価の違いを把握する。同試料について、水分量、脂肪量を分析するとともに、物性測定(テクスチャー)を行う。さらに、蛋白質については水溶性蛋白質、筋原繊維蛋白質、結合組織蛋白質を抽出し、SDS-PAGEによって分子量的変化について検討する。結合組織蛋白質(コラーゲン)については酸可溶性コラーゲン、ペプシン可溶性コラーゲン、不溶性コラーゲンに分画し、構造変化を検討する。これらの官能評価、水分量、脂質量、物理的性質、蛋白質の構造変化等の結果を考察し、新調理システムの食品成分に及ぼす影響(利点および欠点)と嗜好性の変化を体系化する。

3. 研究の方法

(1)試料の調製 : 分析試料は、魚類(鮭・鯖)、肉類(豚肉・鶏肉)とした。魚類、肉類の部位は可能な限り試料間の差がなくなるように配慮して購入し、さらに大きさ、重量の補正を行った。なお魚類は塩で味付けされたものを購入し、肉類は重量の0.8%に相当する食塩を加熱15分前に

添加した。調理条件は塩焼きとし、スチームコンベクションオーブンで、設定温度200 で、中心温度75 到達から1分間とした。なお中心温度は調理の度に確認した。加熱終了後から分析までの間、試料の乾燥および調理後の影響を抑えるため、試料は調理後直ちにラップをし、皿にのせ蓋をした状態とした。なお本調理条件は予備実験を行い、スチームコンベクションオーブン内での、試料の焼きむら及び中心温度75 到達から1分間保持できる時間を確認して決定した。分析試料の調理条件は、Cook serveシステム(オーブン加熱、スチームオーブン加熱)、Cook hot-holdシステム(オーブン加熱後、65 80%に設定した湿温蔵庫で2時間または24時間温蔵したもの)、Cook chillシステム(オーブン加熱後ブラストチラーにて芯温3 まで急速冷却し、5日間冷蔵保存した後、再度オーブン加熱したもの)とした。分析は異なる購入日の試料を用いて2回以上繰り返した。1回の分析試料数は、調理条件ごとに2~3切、計12~18切とした。調理過程で重量変化及び大きさの変化がおこることから、試料は全て1切れごとに調理前後の重量、大きさ(各試料の線維の向きである体軸方向、試料の厚み、線維と垂直方向の3方向)を測定した。結果は、調理過程での成分変動を比較するため、調理前試料100g当たりで算出した。

(2)水分量の測定 : 試料はフードプロセッサーを用いて均一にした。水分計を用いて、均一にした試料約 2gを専用のトレーに精秤し、平らに伸ばし 135 で計測した。なお本測定で常圧加熱乾燥法と比較して、若干低いが見られ、同じ傾向であり、信頼性を確認している

(3) 脂肪量、コレステロール量の測定

脂質の抽出 : 水分測定と同様にフードプロセッサーを用いて均一にしたものを約 10g 精秤して用いた。なお「調理前」のものは皮を均一化できなかったため、ピーカーに入れ電子レンジ500Wで加熱した後、フードプロセッサーを用い

て均一にした(ピーカーに残った脂質は洗浄をくり返し採取した)。脂質の抽出は、クロロホルム:メタノール:水を 1:2:0.8 (by vol.)として抽出する Blight & Dyer 法で行った。均一化した試料に、クロロホルム:メタノール混液(1:2)60ml, 蒸留水を8ml 加え、ホモゲナイザーで混和し、遠沈管に約 10g 分取した。遠沈管に分取した試料に 1% BHT 溶液 0.05ml を加え、30 分振とう後、クロロホルム:メタノール:水 = 1:1:0.8 となるように、クロロホルム 2.5ml を加えて 5 分間、次いで 1.8% 塩化ナトリウム溶液 2ml を加えて 5 分間振とうし、2500rpm で 20 分間の遠心分離を行った。その下層をナスフラスコに採取し、残った上層にはクロロホルム 5ml を加えて振とう、遠心分離 (2500rpm 20 分間)を行い、下層採取の操作を 2 度繰り返した。ナスフラスコ中に採取した下層は、エバポレーターで減圧濃縮した。クロロホルム:メタノール混液(1:1)30ml を加え、試料を遠沈管に採取した。遠沈管に 1.8% 塩化ナトリウム溶液 13ml を加え振とう、遠心分離を行った。採取した下層は減圧濃縮後、クロロホルムに溶解した。総量を測定後、ヴァイアル管に移して冷凍庫で保存した。

メチル化 : 抽出脂質を 20 倍希釈し 0.15ml を分取、内部標準物質であるトリペンタデカノイン 0.1ml(0.1mg/ml)を加えて、約 2 時間減圧乾固した。ベンゼン 0.1ml に溶解後、5% 塩酸メタノール試薬を 0.5ml 加え、沸騰浴中で 40 分間反応させた。冷却後、ヘキサン 2ml と蒸留水 2ml を加えて振とう、脂肪酸メチルエステルをヘキサン層へ抽出した。上層を試験管に採取し、残った下層にはヘキサン 2ml を加えて振とう、上層採取した。回収した上層へ蒸留水 4ml を加えて振とう、上層を採取した。試料は乾固後、ヘキサン 100 ~ 200 μ l に溶解して、GC 分析まで冷凍庫に保存した。

脂肪酸分析 : 脂肪酸メチルエステルは GC で分析した。分析条件は、カラム:キャピラリ

ーカラム DB-WAX60m \times 0.25mm, キャリアーガス:窒素ガス, 温度設定:170 から 230 (昇温速度 7 /分)とした。データの処理はクロマトパックを用いて行った。脂肪酸の同定はメチルエステルとした脂肪酸標品の保持時間との比較によって行った。脂肪酸量は内部標準物質であるトリペンタデカノインのとの比較により算出し、調理前重量 100g あたりの TG に換算した。

ケン化 : 抽出脂質を試験管に 0.1ml 分取、内部標準物質である 5 -コレステランを 0.05ml (1mg/ml), 1% BHT を加え約 2 時間減圧乾固した。99.5% エタノール 1ml, 3M 水酸化カリウム/エタノール溶液 0.8ml)を加え、超音波処理後、75 で 1.5 時間ケン化を行った。冷却後、ヘキサン 3.2ml と蒸留水 1.6ml を加えて振とう、不ケン化物をヘキサン層へ抽出した。上層を試験管に採取し、下層はヘキサン 3.2ml を加え振とうさせ、上層採取を 2 度繰り返した後、回収した上層は減圧乾固し、クロロホルム 3ml, 蒸留水 2ml を加え、遠心分離 (2000rpm, 10 分間)を行った。下層を採取し、約 3 時間減圧乾固後、クロロホルム 0.2ml で壁を洗浄溶解し、GC による分析まで冷凍保存した。

コレステロール分析 : コレステロールは GC で分析を行った。クロロホルムに溶解した試料は窒素ガスでクロロホルムを乾固後、ヘキサン 0.1 ~ 0.2ml で溶解し 1 μ l ずつ注入した。分析条件はカラム:キャピラリーカラム DW-WAX30 m \times 0.53mm, キャリアーガス:ヘリウムガス, カラムオープン温度:230 とした。データ処理はクロマトパックで行った。内部標準物質である 5 -コレステランとコレステロール標準物質から作成した検量線より求めたコレステロール量は、加熱前重量 100g 当たりに換算した。

(4) 官能評価 : 試料の嗜好試験 (総合評価), 識別試験 (皮, 硬さ, パサパサ感, 脂っぽさ, 塩味) を 5 点評価法で行った。パネルは栄養士過程の女子大学生約 20 名とした。

(5)物性(硬さ)測定 : 官能評価の結果, Cook hot-hold システム(2 時間温蔵)で調製した豚肉は, オープン加熱より嗜好性が向上した(後述)。その要因としてやわらかさが推察されたため, レオメータを用い, 物性測定により硬さを確認した。試料は縦 10×横 25×厚さ 5mm(25)に成形した。楔型プランジャー(幅 30mm, 角度 60)を線維に垂直の方向におろし, クリアランス 3mm で硬さの測定を行い得られた最大試験力(N)を硬さとした。

(6) 結合組織蛋白質量(コラーゲン)

コラーゲンの抽出 : コラーゲンの抽出は, Sato らの方法にしたがった。抽出試薬は, コラーゲンの変性を防ぐため, 全て 4 に冷却したものをを用い, 攪拌は, 4 で行った。均一にした試料約 30g を, 0.1N 水酸化ナトリウム溶液 120ml を加え攪拌した。冷却遠心機により, 遠心分離(4 8000rpm 20 分間)を行い, 上層(筋線維蛋白質とゼラチン)を除去した。沈殿(コラーゲン)には, 再度 0.1N 水酸化ナトリウム溶液 120ml を加え攪拌した。これを 3~5 回繰り返すことで, 筋線維蛋白質を除去し, 結合組織蛋白質(コラーゲン)を得た。この沈殿に蒸留水 120ml を加えて 1N 塩酸溶液により pH7.0 に調整後, 攪拌, 遠心分離を行った。沈殿に, 0.01N 塩酸溶液 120ml を加えた。これを攪拌, 遠心分離し, 上清に「酸可溶性コラーゲン:ASC」を得た(抽出は 3~6 回)。酸可溶性コラーゲン抽出後の沈殿に, 0.5M 酢酸溶液 120ml とペプシンを約 20mg 加え, 2~3 日間攪拌した。これを遠心分離し, 上清に「ペプシン可溶化コラーゲン:PSC」を得た(抽出は 3~5 回)。酸処理, ペプシン処理で可溶化しなかったコラーゲン(沈殿)を「不溶性コラーゲン:ISC」とし, 蒸留水を加え均一化した。

コラーゲンの定量 : Wossener らの方法によってヒドロキシプロリン量を測定し, Hyp 量からコラーゲン由来ペプチド量を算出した。コラーゲン溶液の加水分解は, 抽出試料のうち 1ml を分取

し, 12N 塩酸 1ml を加え, 130 で 3 時間加水分解を行った。冷却後, 水酸化ナトリウム溶液, 塩酸溶液を用いて pH を 6.0~7.0 に調整し 25ml とした。分取試料に蒸留水を加え 2ml とし, クロロミン T 溶液 500 μ l を加え, 室温で 20 分反応させた。3.15M 過塩素酸溶液 500 μ l を加えて室温で 5 分間, 20% *p* ジメチルアミノベンズアルデヒド溶液 500 μ l を加えて 60 で 20 分間, 順に反応させた。冷却後, 557nm の吸収を測定した。

SDS 電気泳動 : Laemmli の方法で行った。試料のサンプル処理は, 抽出試料のうち試料 30 μ l を分取し, 10% SDS 溶液 7 μ l, 1mM DTT 溶液 20 μ l, 0.2% BPB 溶液 2 μ l, 50% グリセリン溶液 20 μ l, トリス塩酸緩衝液(pH6.8)20 μ l を加え, 攪拌, 100 で 2 分間加熱処理した。泳動は電気泳動装置を用い, 定電流(ゲル 1 枚につき 20mA)で行った。泳動後, 固定液に 1 時間以上浸漬し, Quick CBB 染色液を用いて染色した。

(7)統計処理 : 官能評価結果および有意差検定には, SPSS™を用いて, 一元配置分散分析の後, 多重比較(Tukey-HSD)で行った。

4. 研究成果

(1)重量の変動 : Cook serve システムでは, 全ての試料において, オープン加熱とスチームオープン加熱との間に, 有意な差は認められなかった。オープン加熱後の鮭, 鯖, 鶏肉は約 80% に, 豚肉は約 60% に減少し, 加熱条件は同じであっても, 豚肉の重量減少が著しいことが示された。Cook hot-hold システムにおいて, 鮭, 鯖, 鶏肉では 2 時間, 24 時間温蔵で重量は減少した。特に鶏肉は 2 時間温蔵で重量は 65% に減少した。豚肉では重量減少は認められなかった。豚肉はオープン加熱での重量減少が著しかったために, その後の重量減少がわずかであったと推察された。すなわち鮭, 鯖, 鶏肉ではオープン加熱での重量減少の程度が小さいく, Cook hot-hold システムにより重量減少が著しいことが認められた。Cook chill システムにおいて, 全て

の試料でオープン加熱よりも、10～20%減少することが認められた。

(2)大きさの変動：Cook serve システムにおいて、全ての試料で3方向の変動にオープン加熱とスチームオープン加熱との有意な差は認められなかった。鮭・鯖、豚肉では体軸方向、厚み、線維と垂直方向の3方向とも縮小が認められ、豚肉の縮小が最も大きいものだった。一方で鶏肉では、体軸方向、線維と垂直方向は縮小し、厚みは増した。これは体軸方向および皮の縮小が影響したものと推察される。Cook hot-hold システムにおいて、鶏肉を除く試料で有意な変動は認められなかった。鶏肉では線維と垂直方向において縮小が認められた。Cook chill システムにおいて、鮭、鯖、豚肉で体軸方向の縮小傾向が認められた。特に豚肉で大きいものだった。一方、鶏肉では線維と垂直方向で有意な縮小が認められたが、厚みも減少した。

(3)水分量の変動：調理前 100g に含まれる水分量は、鮭、鶏肉は 60～70% に対し、鯖、豚肉は 50% であった。Cook serve システムにおいて、全ての試料においてオープン加熱とスチームオープン加熱との間に、有意な差は認められなかった。鮭、鯖、鶏肉の水分は 10% 程度減少した。一方豚肉の水分減少は約 20% であり著しいものだった。Cook hot-hold システムにおいて、鮭、鯖、鶏肉では温蔵により水分量は減少した。特に鶏肉はオープン加熱後 53.7% からその後温蔵2時間で 44.3% に減少した。豚肉では温蔵による水分減少は認められなかった。Cook chill システムにおいて、鮭、鯖、鶏肉ではオープン加熱後から約 10%、豚肉では 5% の減少が認められた。加熱を繰り返すことで 10% ずつ減少したこと、また 20% 減少した豚肉でも 5% 減少したことから水分量は加熱回数に大きく影響していると推察された。

(4)脂肪量の変動：Cook serve システムにおいて、全ての試料で、オープン加熱とスチームオ

ープン加熱との間に有意な差は認められなかった。豚肉のみ加熱により有意な脂肪量の減少が認められ、有意ではないが鶏肉でも減少の程度は大きいものだった。より脂肪量の多い鯖で減少が認められなかったことから、肉類の方が加熱により脂肪が溶出しやすいかもしれない。Cook hot-hold システムおよび Cook chill システムにおいて、全ての試料で減少傾向を示したものの有意ではなかった。鮭、鶏肉は、調理前の水分含量が高く、加熱による水分減少は大きい。もともと脂肪含量は低いため変動が認められにくく、豚肉ではオープン加熱で著しく脂肪が減少したため、その後の変動は有意な差が認められなかったと推察された。

(5)コレステロール量の変動：Cook serve システムでは全ての試料でオープン加熱とスチームオープン加熱との間に有意な差は認められなかった。鯖を除く試料ではオープン加熱後の変動は認められなかった。食肉に含まれるコレステロールは、加熱調理過程で溶出する脂肪が多い場合にのみ脂肪に溶解し溶出される。鯖は脂肪量が多いにもかかわらず、溶出した脂肪量は少なかった(前述)。しかし鯖のコレステロールの溶出が多かったのは細胞膜の構成成分であるコレステロールは脂肪組織と筋肉組織に同様に存在しており、魚類は肉類に比べ結合組織が脆弱であるため、コレステロールが溶出したのかもしれない。なお Cook hot-hold システム、Cook chill システムにおいて全ての試料でオープン加熱後からの変動に有意な差は認められなかった。

(6)官能評価：Cook serve システムの嗜好試験(総合評価)は、豚肉を除く試料(鮭、鯖、鶏肉)では、オープン加熱が最も好まれた。豚肉ではオープン加熱の評価は低く、スチームオープン加熱の評価が高かった。Cook hot-hold システムでは、豚肉を除く試料で、温蔵することで総合評価は低下したが、豚肉では 2 時間温蔵したも

のが好まれた。2時間温蔵と対照的に24時間温蔵では、全ての試料でオープン加熱に比較して低下した。またCook chillシステムの総合評価は、全ての試料で総合評価が低下した。一方、別試験(皮、硬さ、パサパサ感、脂っぽさ、塩味)では、Cook serveシステムでは、魚類のオープン加熱の評価はどの項目においても、スチームオープン加熱より高かった。豚肉のみいずれの項目においても、オープン加熱の評価が低かった。Cook hot-holdシステムの識別試験の結果、魚類では、オープン加熱より高い評価を得られた項目はなかった。鶏肉では24時間温蔵後、豚肉では2時間、24時間温蔵後に、オープン加熱より有意にやわらかいと評価された。

(7)豚肉の物性(硬さ)：豚肉は加熱により硬さが増し、オープン加熱とスチームオープン加熱では肉の硬さに差は認められなかった。豚肉は温蔵により軟化しており、24時間で著しいものだった。オープン加熱後冷蔵・再加熱した豚肉はオープン加熱後よりもさらに硬くなっていた。なお実際の食事では、調理により大きさが変化したものを食するため、単位面積あたりの硬さをもとめた結果と官能検査結果は必ずしも一致しないことも推察されたが、結果は一致していた。

(8)コラーゲン量の変動：総量は全ての条件で減少した。コラーゲン総量の減少は加熱によりゼラチン化した量を示している。Cook serveシステムにおいて、オープン加熱とスチームオープン加熱は同じ傾向を示し、コラーゲン総量、ASC量、PSC量は減少し、ISC量は増加した。ISCは酸処理、ペプシン処理後の強固な構造のコラーゲンである。そのため総量が減少する一方で、ISC量が増加することは、肉が硬くなることを意味し、加熱により肉が硬化することが示された(未変性のISCは架橋の多い強固なコラーゲンであるが、加熱による架橋形成は考えにくく、ISC量の増加はコラーゲンの加熱収縮により、抽出時にペプシンの作用を受けにくい強固な構造

のコラーゲンに変化したと考えられる)。またスチームオープン加熱の方が、わずかにISC量は少なかった。これは試料表面部の水分蒸発が小さいために、コラーゲンの収縮が抑制されたためと考えられた。Cook hot-holdシステムにおいて、ASC量、PSC量は増加したが、ISC量は減少し、特に24時間温蔵したものは著しく減少した。Cook hot-holdシステムによるISC量は減少は、豚肉が軟化したことを裏付けている。なお、Cook chillシステムにおいてCook serveシステムとの差は認められなかった。

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2件)

温蔵時の豚肉の軟化と結合組織蛋白質の構造：原田良子 石永正隆 杉山寿美，日本家政学会中四国支部大会，2008年10月12日，広島

新調理システムにおける魚類、肉類の水分量および脂肪量の変動：原田良子 元木万里子 杉山寿美 石永正隆，日本家政学会第60回大会 2008年5月31日，東京

6. 研究組織

(1)研究代表者

石永 正隆 (Masataka Ishinaga)
県立広島大学・人間文化学部・教授
研究者番号:70110765

(2)研究分担者

杉山 寿美 (Sumi Sugiyama)
県立広島大学・人間文化学部・准教授
研究者番号 10300419

(3)研究協力者

原田 良子 (Ryoko Harada)
県立広島大学・人間文化学部・院生
元木 万里子 (Mariko Motoki)
県立広島大学・人間文化学部・学部生