

真空調理とスチームコンベクションオープン調理の検討

大中 佳子（管理栄養学科・教授）・吉田 啓子（家政保健学科・教授）
河内 公恵（管理栄養学科・教授）・石田 裕美（女子栄養大学 栄養学部・教授）

1. はじめに

給食施設の給食は、主にクックサーブで生産されている。クックサーブ¹⁾とは加熱調理（cook）した後、速やかに提供（serve）する調理・提供方法で、従来から給食施設で行われている。

近年、衛生管理技術の進歩により、新調理システム²⁾（クックチル・クックフリーズ・真空調理）という調理方法が、給食施設でとり入れられつつある。新調理システムの実施により給食は、保存や計画生産が可能になるが、実施するには、真空包装機・スチームコンベクションオープン・急速冷却機・冷蔵庫などの大量調理機器を揃えた設備が必要となる。

スチームコンベクションオープン調理には、煮る・蒸す・焼く・蒸し焼きの調理法があり、水蒸気を加熱する蒸し焼き調理は、スチームコンベクションオープンの代表的な調理法である。近年、ティルティングパン（加熱調理機器）に圧力機能を備えた大量調理機器が発売された。圧力調理は、家庭料理では広く知られているが、給食施設においては、ほとんど使用されていない調理法である。

スチームコンベクションオープンをはじめ新型の大量調理機器類には、コンピューターが内蔵され、加熱時間・温度を設定するだけで一定品質の給食を生産することが可能である。これらの機器を使用することにより、調理の標準化や品質の安定供給、給食の計画生産が期待される。

2. 目的

大量調理機器と衛生管理技術の進歩により、給食の計画生産が可能になった。計画生産において欠かせない調理法の、真空調理、スチームコンベクションオープン調理や、近年発売された圧力機能付きティルティングパンを使用した圧力調理について、試料をそれぞれの調理法で調理し、その作業性や衛生管理、品質（嗜好・物性）を分析する。その評価から、給食への応用を検討する。

3. 研究内容

研究期間は平成31年4月から令和5年3月までの4年間（1年延長）である。研究内容を表1に示す。

表1 研究内容

年 度	研究内容
平成31年度	1. 試料の選択 肉じゃが 2. 試料の調整、調理工程、加熱条件の設定 3. テクスチャー測定 4. 官能検査 5. 調理機器の衛生検査の実施
令和2年度	試料：豚肉肩ロースブロック肉 加熱中の試料の中心・表面温度測定 加熱後の試料のテクスチャー測定 加熱後の試料の細菌検査
令和3年度	試料：豚肉ロースブロック肉 調理法：スチーム調理、圧力調理 加熱中の試料の中心・表面温度測定、加熱調理法の違い比較 加熱後の試料のテクスチャー測定、加熱調理法の違いを比較 加熱後の試料の官能検査
令和4年度	試料：豚肉ロースブロック肉 調理法：真空調理, スチーム調理, 圧力調理 加熱中の試料の中心・表面温度測定 加熱後の試料のテクスチャー測定 加熱後の試料の官能検査

4. 研究方法

(1) 試料を肉じゃがとし、肉じゃがのジャガイモについて、各調理法の違いによる物性と官能評価を行った。肉じゃがは、真空調理法の先行研究³⁾において試料として使用されており、各調理法での調理が可能である。また、給食施設の献立で一般的に用いられる料理であることから試料として選択した。

(肉じゃが) 試料の調整、調理工程・加熱条件の決定

加熱条件の決定に向け、表2のとおり加熱時間を変えて試料を調整した。

①材料³⁾：ジャガイモは北海道産のとうや、国産の人参・玉ねぎは鎌倉市内で購入した。豚肉は、国産の豚もも肉スライスを鎌倉市内の小売店で購入した。サラダ油（日清オイリオ製）、調味液は、市販の顆粒のだしの素（味の素製）、本醸造しょうゆ（キッコーマン製）、上白糖（三井製糖製）サラダ油（日清オイリオ製）を水に溶いたものを使用した。真空フィルムは、真空包装プラスチック袋（旭化成製）を使用した。

②試料の調整：ジャガイモは剥皮後、テクスチャー測定用としてコルクボーラーで直径20mm、高さ15mmの円柱型にくりぬいたものを用意した⁴⁾。残りの分量のジャガイモは、20mm角に切る。人参、玉ねぎも剥皮後20mm角に切る。豚もも肉スライス肉は、20mm幅に切る。1試料分のジャガイモの量は、真空フィルムに入る250gとした。圧力調理用の試料は、調理機器の容量に比例させ2試料分とした。

③肉じゃが調理工程：全試料分の玉ねぎ、豚もも肉を分量のサラダ油で150℃6分間炒め、

急速冷却機で冷やす。重量を計測し、それぞれの試料に分ける。①②で調整した分量のジャガイモ、人参と調味液を合わせる。

(2) 加熱条件に関して、肉じゃがは、通常調理されている加熱温度・時間を参考に実験を進めた。

(3) さらに、機器の調理特性を調べるため、豚ロースブロック肉（神奈川県内の百貨店で購入、群馬県産赤城もち豚）1,000gをそれぞれの調理法の試料とした。調味せず加熱温度を一定にして同条件下での実験を行なった。

(4) 各調理には、以下の調理機器を使用した。それぞれの加熱条件として、肉じゃがを表2、豚肉を表3に示す。

- 真空調理：真空フィルム（旭化成 飛竜 HN-106）、真空包装機（株式会社 FMI 製、コンピュータ真空パックマシン、FV-330TTE）、スチームコンベクションオープン（fujimak 製、電気式、FSCCWE61）
- スチームコンベクションオープン調理：スチームコンベクションオープン以下スチコンと示す。（fujimak 製、電気 FSCCWE61）
- 圧力調理：ティルティングパン（fujimak 製 電気式 バリオッキングセンター、FVCC112PB）

表2 肉じゃがの加熱機器・加熱条件

調理法	加熱時間 分	加熱方法（モード） 設定温度	要件 調理機器
真空20	20		
真空30	30	蒸し（スチーム）	真空包装 真空度99%
真空40	40	95℃湿度100%	スチコン
スチコン20	20		1/2ホテルパン蓋付
スチコン30	30	蒸し焼き（コンビ）	スチコン
スチコン40	40	150℃ 湿度100%	
圧力10	10	圧力加熱 99℃	ティルティングパン

表3 豚肉の加熱機器・加熱条件

調理法 加熱調理機器	加熱条件 加熱温度	加熱時間
真空調理 スチコン	真空包装：真空度99% 100°C 湿度100%	中心温度75°C到達後 3分加熱
スチーム調理 スチコン	100°C 湿度100%	中心温度75°C到達後 3分加熱
圧力調理 ティルティングパン	99°C	中心温度75°C到達後 3分加熱

(5) テクスチャー測定

テクスチャーアナライザー (Stable Micro Systems 製、TA-XT plus) で測定した。ロードセルは、肉じゃがのジャガイモ用には 5 kg を使用し、豚肉には 50kg を使用した。プランジャー直径 8 mm、高さ 22mm 円柱 (No. 6 (株山電)) を用いた。

・測定用試料

肉じゃが：肉じゃがのジャガイモは、直径 20mm、高さ 15mm の円柱型⁴⁾に調整した。

豚肉：加熱済みの豚ロースブロック肉の表面と内側⁵⁾を各 (20mm×20mm×h10mm)⁶⁾ の大きさに切り、テクスチャー測定した。

(6) 豚肉の中心温度・表面温度測定、加熱総時間の計測

加熱中の豚ロースブロック肉の表面 (真空調理は、表面温度の測定不可) ならび中心温度を測定し、中心温度に合わせて加熱終了時刻を設定した。

・温度計測と解析

熱電対は、安立計器(株)内部温度測定用センサーを使用した。安立計器コンパクトサーモロガー AM-8000K、データ解析ソフト AMS-800 を用いて加熱温度を比較した。

・加熱総時間

試料の加熱開始から中心温度 75°C を確認後 3 分加熱継続した時点を加熱終了とし、機器への試料投入時刻から加熱終了時刻までを加熱総時間とした。スチコンは試料の投入前に予熱した。なお、予熱時間は加熱総時間に含めない。

(7) 豚肉の重量変化

加熱前後の重量を計測し、加熱調理法の違いによる重量変化について検討した。

(8) 官能検査

肉じゃが：ジャガイモについて色・香り・味・硬さについて 7 点評価法で官能評価を行った。

豚肉：単極 7 段階尺度法を用い、分析型評価を行った。試料は、真空表面・真空中心、スチコン表面・スチコン中心・ティルティングパン表面・ティルティングパン中心の 6 種類を評価した。評価項目は「外観・見た目」(-3悪い⇔3良い)「かたさ」(-3やわらかい⇔3かたい)「総合評価」(-3悪い⇔3良い) の 3 項目とした。

(9) 衛生検査については使用した大量調理機器の清浄度を ATP 測定により調べた。検査箇所は、タッチパネル、タッチボタン、取っ手とし、ふき取りには、ルミテスター PD-30 (キッコーマン) を用いた。また、加熱後の試料 (豚肉) の細菌検査を実施した。検査

項目は、一般生菌、大腸菌群、サルモネラ菌、ウェルシュ菌とした。

5. 結果

(1) テクスチャー

圧力調理を基準にジャガイモのテクスチャーを比較した。スチコン調理20分、真空調理40分加熱が、圧力調理10分加熱に近いテクスチャーとなった。

表4 肉じゃがのジャガイモテクスチャー圧力調理との比較

調理方法	破断応力 (N/m ²)		
	Mean	SD.	p 値
真空20	242046**	50316	0.000485
真空30	135605*	31650	0.036934
真空40	90202	10218	0.319711
スチコン20	105598	35910	0.316403
スチコン30	60508*	15445	0.011171
スチコン40	58983*	31265	0.032272
圧力10	96540	30628	

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$

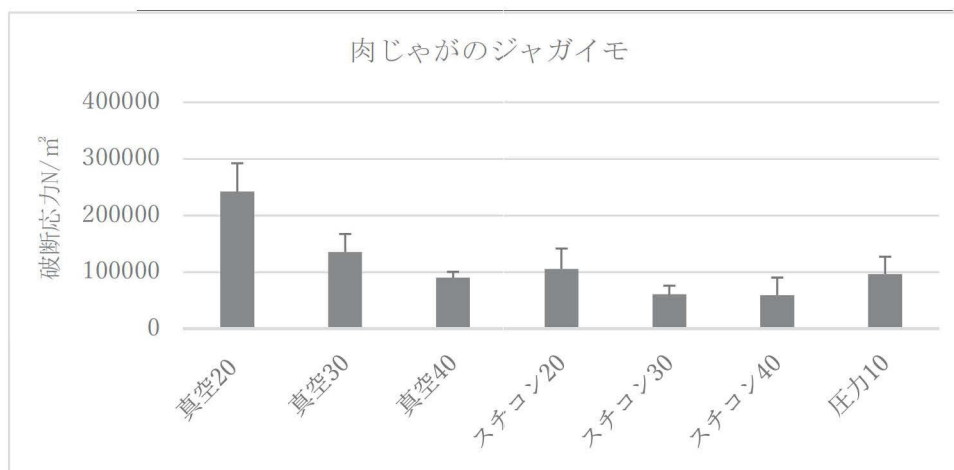
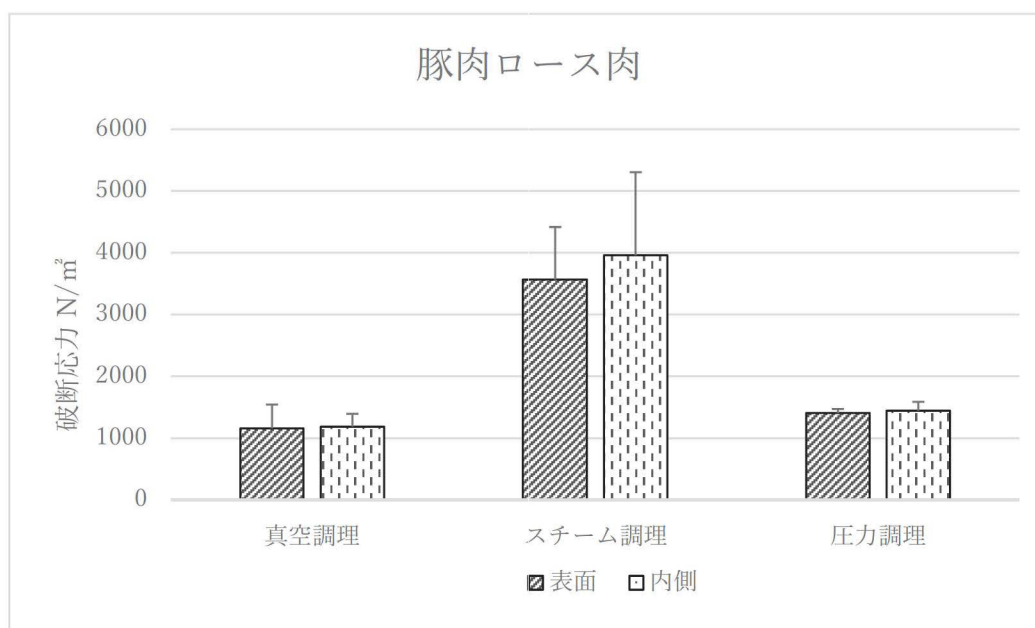


図1 肉じゃがジャガイモのテクスチャー
平均値±標準偏差, n=7

表5 豚ロース肉：調理法別に表面・内側のテクスチャーを比較

	表面 (N/m ²)		内側 (N/m ²)		p 値	
	Mean	SD.	Mean	SD.		
真空調理	1157	383	1185	209	0.9590	n.s.
スチーム調理	3566	851	3958	1346	0.5480	n.s.
圧力調理	1409	63	1445	138	0.6087	n.s.

図2 豚ロース肉：調理法別テクスチャー
平均値±標準偏差, n=7

豚ロース肉では、それぞれの調理法での表面・内側のテクスチャーに有意な差はなかった。スチーム調理でかたくなる傾向がみられた。

(2) 豚肉の中心温度・表面温度変化 図3 図4

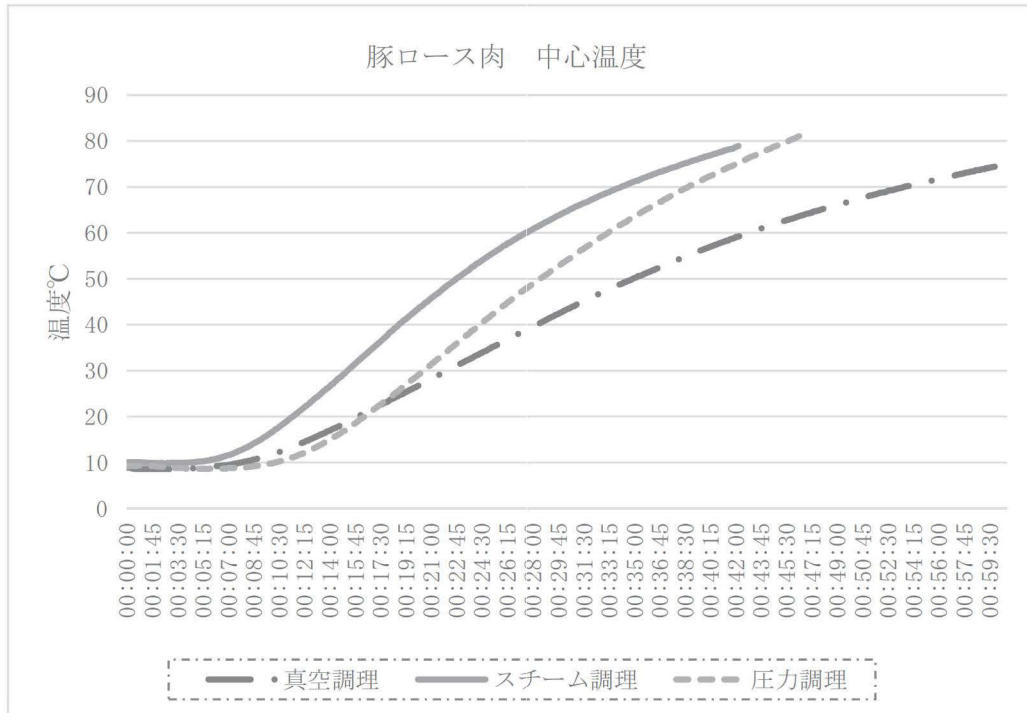


図3 豚ロース肉：加熱時の中心温度変化

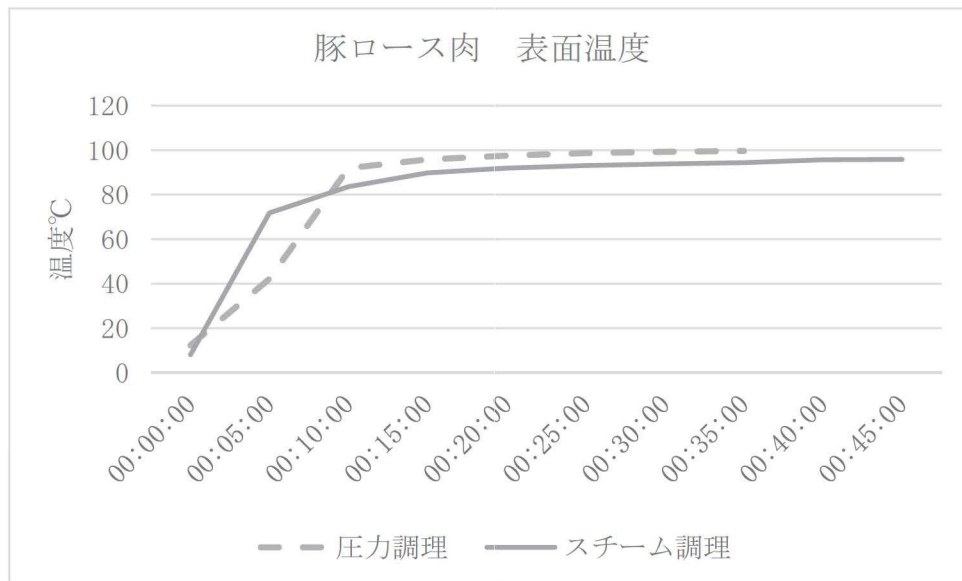


図4 豚ロース肉：加熱時の表面温度変化

(3) 加熱総時間を表 6 に示す。

表 6 加熱総時間

調理法	Mean	SD.
	分	
真空調理	62.2	2.9
スチーム調理	45.3	4.2
圧力調理	45.3	2.1

(4) 加熱前後の重量変化率を表 7 に示す。

表 7 加熱前後の重量変化率

調理法	Mean	SD.
	%	
真空調理	-26.3	3.9
スチーム調理	-29.9	1.9
圧力調理	-33.1	1.1

重量変化率は、真空調理とスチーム調理 $p < 0.05$ 、真空調理と圧力調理 $p < 0.05$ で有意な差がみられた。

(5) 加熱調理法別の官能評価、単極 7 段階尺度法による。表 8

表 8 加熱調理法別の官能評価 n = 8

	圧力調理		スチーム調理		圧力調理		スチーム調理	
	表面				内側			
	Mean	SD.	Mean	SD.	Mean	SD.	Mean	SD.
外観	0.6	± 1.7	0.6	± 1.2	0.9	± 1.3	0.6	± 1.3
かたさ	-1.0	± 1.0	1.6	± 1.1	2.1**	± 0.8	0.3**	± 1.8
総合評価	1.4*	± 0.7	0.8*	± 1.3	0.1*	± 0.8	0.8*	± 1.0

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$

圧力調理は、表面において総合評価がスチコン加熱より有意に高い。かたさの評価では内側において、圧力調理の方がスチーム調理より有意にかたい。真空調理については VAS (Visual Analogue Scale) 法を用いて評価したが、かたさにおいて、表面と内側で有意差はなかった。

(6) 衛生検査：使用機器の清浄度について、ティルティングパンとスチームコンベクションオーブンは、タッチパネル式であり、ブラストチラーと真空包装機はタッチボタン式である。タッチパネル式の方が清掃しやすい傾向にあった。タッチ操作部や取っ手は、水拭

きをただけで汚れが減少する。その後、アルコール噴霧をすると、噴霧しただけでは、水拭き時より増える傾向もみられた。

また、加熱後の試料からは、一般生菌、大腸菌群、サルモネラ菌、ウエルシュ菌において食中毒につながるコロニー数の異常はみられなかった。

6. 考察・まとめ

(1) 加熱総時間が長いのが真空調理であった。真空包装時間を含めると、さらに調理にとりかかるまでの時間を要する。コスト面では、真空フィルム代の経費ならびに長時間加熱による光熱費や人件費が他の調理法に比べて負担が増加する。真空フィルムに包まれているため、調理中の味の調整ができない。真空フィルムの耐熱温度の関係で、スチーム調理100℃以上の加熱調理が難しい。また、衛生面では芽胞をもつ嫌気性菌による食中毒の発生に注意を払う必要がある。

(2) 圧力調理とスチームコンベクションオープン調理では、肉じゃがの結果から、加熱総時間や仕上がりに差がみられなかった。コンピューター制御での温度と加熱時間の管理で、食中毒を防止できる。加熱中は、機器から離れることができるので、他の作業を平行して行うことができ、作業時間が短縮されると考える。清浄度結果から機器の操作部分がタッチパネルであるので掃除も容易である。

(3) 今回の実験を通して、真空調理やスチーム調理、圧力調理の加熱中の品温、中心温度や表面温度の変化を把握することができた。加熱温度は、食品の物性に大きく影響する。今回はかたさを中心に調べたが、同じ加熱温度であっても調理機器により加熱後の物性に違いがみられた。調理機器や調理法の違いによっても影響をうけることが明らかになった。大量調理機器の特徴をふまえた、作業効率のよい献立作成や食材選びが重要であると考えられる。

7. 引用文献

- 1) 日本給食経営管理学会 監修 給食経営管理用語辞典 p71、2020年9月18日発行 第3版第1刷 第一出版株式会社
- 2) 日本給食経営管理学会 監修 給食経営管理用語辞典 p72、2020年9月18日発行 第3版第1刷 第一出版株式会社
- 3) 後藤昌弘、西村公雄、中井秀了、ランダム・セントロイド最適化法を用いた真空調理法による肉じゃがの最適減塩調理条件の検討、日本食生活学会誌 Vol.14、No.4 (2004) 30-36 (2004)
- 4) 吉村美紀、生野世方子、山内直樹、真空調理されたジャガイモの品質について、日本食品低温保存学会誌 Vol.19、No.4 173-177 (1993)
- 5) 金 娟延、川野亜紀、高橋智子、大越ひろ、豚肉の物性に及ぼす高圧処理の影響、日本調理科学会誌 Vol.39 No.1. 10-15 (2006)
- 6) 高橋智子、齋藤あゆみ、川野亜紀、朝賀一美、和田佳子、大越ひろ、牛肉・豚肉の硬さおよび官能評価におよぼす重曹浸漬の影響、日本家政学会誌 Vol.53 No.4 347-354 (2002)

参考文献

- (1) 川口靖夫、新調理システムの新たな課題とメニュー、チェーンの形成、フードシステム研究第23巻2号130-138 (2016)
- (2) 今野暁子、大出京子、佐藤玲子、佐々木ルリ子、松本まりこ、佐藤真美、青柳公大、クックチルシステムにおける再加熱条件に関する研究（鶏肉の味噌漬け焼きについて）、日本食生活学会誌 Vol.23 No.1. 48-53 (2012)
- (3) 吉村美紀、大矢 春、藤村 庄、渡辺俊郎、横山真弓、天然シカ肉加工品の物性および嗜好性に及ぼす多穀類添加の影響、日本食品科学工学会 Vol.58 No.11. 517-524 (2011)