

インカート調理法による鶏卵調理における微生物殺菌効果の検証 ～大量調理施設における半熟卵料理提供の可能性～

野村 卓正*・千葉 歩美**

仁愛大学人間生活学部健康栄養学科*・徳島大学大学院医歯薬学研究部予防環境栄養学分野**

Bactericidal Effectiveness in Egg Preparation Using the In-Cart Cooking System ～ The Feasibility of Serving Soft Boiled Eggs in a Large-Scale Cooking Facility ～

Takamasa NOMURA* and Ayumi CHIBA**

*Department of Health and Nutrition, Faculty of Human Life, Jin-Ai University,

**Department of Preventive Environment and Nutrition, Institute of Biomedical Sciences, Tokushima University Graduate School

腸炎サルモネラによる食中毒は、しばしば加熱不十分な卵料理で発生する。大量調理施設衛生管理マニュアルでは、中心温度 75℃以上、1 分間以上の加熱基準が定められているが、この加熱条件では半熟卵独特の食感が失われる。そこで、次世代クックサーブ方式であるインカート調理法により、半熟卵料理を安全に提供できるか検討した。インカート調理法の「火力：やや弱・20 分間」の加熱プログラムで調理した場合、卵白および卵黄の中心温度は 17 分以内に 75℃に達し、実験的に接種した加熱指標菌は完全に殺滅された。一方、恒温の保温庫内で加熱した場合、「65℃保温」では、卵白・卵黄ともに 60 分前後で 65℃に達しており、120 分保温後にはほぼすべての加熱指標菌が殺菌されていた。さらに、加熱調理後に鶏卵内に生残した汚染菌の 16 時間後の増殖率を検討したが、3、8 および 25℃のいずれの保存温度でもほとんど増殖していなかった。これらの検査成績から、インカート調理法あるいは恒温調理法を用いた鶏卵の調理ではサルモネラ食中毒のリスクを十分に減殺し、食品の安全を確保しうることが示唆された。

キーワード：サルモネラ 殻付き鶏卵 インカート調理システム

1. 序論：本研究の背景と目的

1.1. サルモネラ属菌とサルモネラ感染症

サルモネラ属は、 γ -プロテオバクテリア綱腸内細菌科に属する通性嫌気性のグラム陰性桿菌である。ヒトの体温である 37℃前後で増殖する中温微生物で、5℃以下の低温ではほとんど増殖しない。芽胞を形成しないため加熱に弱く、一般に 70℃で数分、あるいは 63℃・30 分間以上保持する低温長時間殺菌法で殺菌可能とされている。サルモネラ属には、血清型の異なる 2,500 種以上の菌が含まれ、その分類および命名については混乱が続いていたが、染色体遺伝子の近縁性 (DNA 配列上 70%以上の相対率) か

ら 1 属 3 菌種 6 亜種とする見解が現在の主流である (Judicial Commission of the International Committee on Systematics of Prokaryote. 2005.)。代表種 (type strain) である *Salmonella enterica* は、さら 6 つの亜種 (subspecies) および複数の血清型 (serovar) に分類される (表 1)。例えば、鶏卵の食中毒の起因菌として問題になっているサルモネラ・エンテリティディス (いわゆる SE 菌) の正式学名は、*Salmonella enterica* subs. *enterica* serovar *Enteritidis* (和名：腸炎サルモネラ) となるが、種および亜種名を略して、*Salmonella* *Enteritidis* と記述されることが多い。

ヒトのサルモネラ感染症の起因菌としては、腸チフ

表1 サルモネラ属菌の分類

属・種	亜種 subspecies	亜種群	血清型 serovar	O抗原型	和名等
<i>Salmonella enterica</i>	subsp. <i>enterica</i>	I	Typhi	09	チフス菌
			Paratyphi A	02	パラチフス菌
			Typhimurium	04	ネズミチフス菌
			Infantis	07	
			Enteritidis	09	腸炎サルモネラ(SE)
			Oranienburg	07	
			Chester	04	
			Chorelasuis	07	ブタコレラ菌
			subsp. <i>salamae</i>	II	
			subsp. <i>arizonae</i>	IIIa	
subsp. <i>diarizonae</i>	IIIb				
subsp. <i>houtenae</i>	IV				
subsp. <i>indica</i>	VI				
<i>Salmonella bongori</i>		V			
<i>Salmonella subterranea</i>					

ス、パラチフス(3類感染症)の起原菌となるチフス菌(*S. enterica* serovar Typhi)およびパラチフスA菌(*S. enterica* serovar Paratyphi A),非チフス性で食中毒の原因となるネズミチフス菌(*S. enterica* serovar Typhimurium)や腸炎サルモネラ(*S. enterica* serovar Enteritidis; SE菌)などがよく知られている。本属菌で汚染された食品や水を媒介して経口感染し、重篤な全身感染になるチフスを除き、ほとんどが食品媒介性の急性の感染性胃腸炎(5類感染症),すなわち食中毒である。サルモネラ食中毒の発症菌量は、旧いボランティアへの投与実験で $10^8 \sim 10^9$ 個と見積もられていたが、実際の食中毒事例からは $10^1 \sim 10^4$ 個とかなり少量の菌摂取で発症しうると推算されている(D'Aoust J. 1976., Lipson A. 1976., Blaser M.J. 1982.)。潜伏期間は摂取菌量にもよるが概ね8~48時間で、腸炎サルモネラによる食中毒症例では潜伏期間が3~4日になることもしばしばある(Nagai K. 1999., Matsui T. 2004.)。悪心および嘔吐,発熱(38℃前後)から始まり腹痛,下痢(1日数回~十数回)等の症状が3~4日間持続するが、通常、4~7日以内に自然治癒する。ただし、小児および高齢者では血便や脱水等胃腸炎症状が重症化する傾向があり、菌血症から死に至る率も高い。

1.2. 食材のサルモネラ汚染とサルモネラ食中毒

サルモネラ属菌は、河川や下水等の環境中や食品中に分布し、さらに哺乳類、鳥類、爬虫類や両生類まで様々な陸棲動物から分離される。家畜・家禽類ではニワトリからの分離率が高くブロイラーの約10~35%から分離されるという報告がある(Asai T. 2006.)。厚生労働省の「食品の食中毒菌汚染実態調査」によると、サルモネラ属菌は食肉類を中心に幅広い食材を一次汚染しており、中でも特に鶏肉から25.2~36.5%と高率に分離される(厚生労働省 2007.)。市販の国産鶏肉の調査で分離されるサルモネラは経年的に変化してきており、1990年以前は*S. enterica* serovar Sofia(II 4:b)が、1990~1994年では*S. enterica* serovar Hadarが主流を占めていたが、1995年以降は*S. enterica* serovar Infantisが50%以上を占めている。一方、輸入鶏肉からは、腸炎サルモネラ(*S. enterica* serovar Enteritidis PT4)が高率に分離されている(Matsumoto Y. 2006.)。

1980年代後半以降、欧米諸国では鶏卵の腸炎サルモネラ汚染が問題になっている。本邦でも、本菌に感染した雛鶏が英国から輸入され、感染成鶏が産卵した汚染卵により1989年から2004年頃にかけてサルモネラ食中毒事例が急増・多発し、1998~1999年には年間の食中毒患者数が10,000名を超えた。その後、感染成鶏の対策等が進んだ結果、鶏卵によるサルモネ

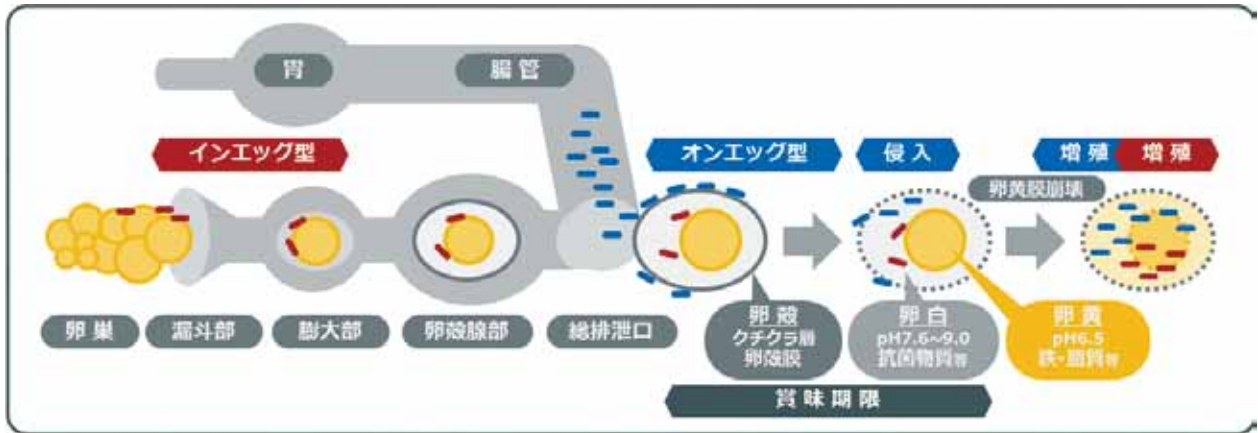


図1 鶏卵の一次汚染経路と腐敗

ラ食中毒の流行は収束している。市場に流通している殻付き鶏卵の腸炎サルモネラ汚染率は、過去の検査成績から約0.03%程度と見積もられており、これは10,000個に3～4個の汚染頻度である(Nakanishi H. 1993., Murase M. 1994.).

1.3. 殻付き鶏卵のサルモネラ汚染および腐敗

上述したように、鶏卵はしばしば腸炎サルモネラの汚染により食中毒の原因食品となる。産卵される殻付き鶏卵の微生物汚染には、大きく2つの一次汚染経路がある。鶏卵の卵黄(胚)は、雌鶏の卵巣から卵輸管の漏斗部に排卵された後、膨大部での卵白形成、さらに狭部での卵殻膜形成を経て、卵殻腺部(子宮部)で卵殻が形成され、総排泄口から放卵される(図1左)。鳥類は解剖学的に、卵輸管が消化管および尿管の排泄口と総排泄口で合流しているため、放卵される卵の卵殻表面は、必然的に排泄物である腸内容物および腸内微生物叢による汚染を受ける。これを経卵殻汚染(オンエッグ on egg 型汚染)といい、卵殻表面に付着している細菌数は殻付き卵1個あたり平均 10^5 個以上、大腸菌群(coliforms)は 10^2 個程度である(Imai T. 1994.). 洗卵後でも 10^3 個程度の細菌が残存している。卵殻のオンエッグ型汚染でしばしば検出される菌は、*Micrococcus* 属菌、*Staphylococcus* 属菌、*Bacillus* 属菌等のグラム陽性菌が主で、グラム陰性菌は少ない。一方、殻付き卵の内部は通常無菌であるが、親鶏が腸炎サルモネラに感染していると、卵巣内に定着した腸炎サルモネラが卵巣もしくは卵輸管内で卵殻形成前に垂

直感染し、産卵された時点で卵内部に微生物汚染を受ける(Cogan T.A. 2003.). これを経卵巣汚染(インエッグ in egg 型汚染)といい、1988年以降、卵かけご飯、スクランブルエッグ、卵とじ丼、錦糸卵、タルタルソース、自家製マヨネーズ、生クリームケーキ、ティラミス等、鶏卵を使用した様々な食品で腸炎サルモネラによる食中毒事例が発生し、食品衛生上の問題となっている。インエッグ型汚染の場合、殻付き卵内部の腸炎サルモネラ菌数は鶏卵1個当たり 10^1 個程度で、低温保存中にはほとんど増殖しない。そのため、低温(8℃未満)で流通・保存されている賞味期限内の新鮮な鶏卵であれば生食しても問題はないと考えられている。

産卵後、保存状態によっては、卵殻表面に付着している細菌が卵殻の気孔やヒビから卵白部に侵入する(図1右)。親鶏の年齢が高くなるにつれ、クチクラ層が薄くなると共に卵殻の比重が軽くなり気孔の数が増加するため、微生物の卵白部位への侵入率が高くなる。卵白は弱アルカリ性pH(pH7.6～9.6)で、主要成分として細菌の細胞壁(ペプチドグリカン層)分解作用のある卵白リゾチームや細菌の増殖に必要な鉄イオンをキレートするオボトランスフェリン等の抗菌成分が含まれているため、卵白中では微生物の増殖は阻止される。しかし、グラム陰性細菌はリゾチームに抵抗性があり、保存期間が長くなるとしばしば腐敗の原因となる。長期保存した殻付き鶏卵では、低温細菌の増殖により腐敗が進行する。鶏卵の低温腐敗として、蛍光色・緑色卵(*Pseudomonas* 属菌)、黒色あるいは混濁

卵 (*Aeromonas* 属菌), 黄色卵 (*Flavobacterium* 属菌), 赤色卵 (*Serratia* 属菌), 黒色卵 (*Proteus* 属菌) 等がある. 低温腐敗した殻付き卵内から最も高頻度に検出される菌は *Pseudomonas* 属菌 (特に蛍光性シュードモナス) であり, 次いで *Aeromonas* 属菌, *Alcaligenes* 属菌である. いずれもグラム陰性細菌であるため, リゾチームによる溶菌に抵抗性があり, 保存温度が高くなるにつれ菌数も多くなる傾向がある (Imai T. 2001.). 加えて蛍光性シュードモナスは, オボトランスフェリンによる鉄イオンのキレートに拮抗する蛍光色素ピオベルジンを産生するため, 低温保存中の卵白内でも他の細菌より早く増殖すると考えられている. さらに時間が経過すると, 卵黄膜が不可逆的に崩壊し, 卵黄成分が卵白中に混入してくる. 卵黄は弱酸性 (pH6.0 前後) で栄養成分 (鉄イオン・脂肪分等) を含んでいるため, 卵白と卵黄が混在する古い卵内では微生物の増殖が抑制されず腐敗がより進行する (図 1 右). 鶏卵の賞味期限は一般に, 常温で保存したときに卵黄膜の完全性が維持される期間, すなわち生食しても安全と見込まれる期間として設定されている. したがって賞味期限を超過した鶏卵内では微生物が増殖している可能性があるため, 十分に加熱殺菌する必要がある.

液卵や卵加工品では, 殻付き卵由来の微生物に加えて, 製造工程で工場内あるいは従業員由来の微生物が二次汚染する. 未殺菌液卵の細菌数は, $10^1 \sim 10^4$ 個/g 程度である. 加熱工程がある卵加工品では, 芽胞を形成する *Bacillus* 属菌が主要な菌叢を形成する.

1.4. 大量調理における食材としての鶏卵の調理特性

食材としての鶏卵は, 「殻付き卵」「液卵 (未殺菌液卵および殺菌液卵)」「卵加工品」に分類され, 大量調理施設においても用途に応じて消費されている.

鶏卵の加熱特性として, 一般に卵白は, 58℃から凝固が始まり, 65℃でゼリー状, 80℃以上で完全に固化する. 一方, 卵黄の凝固温度は 65 ~ 70℃である. 殻付き卵を沸騰水で茹でる場合, 外側の卵白から加熱され, 次いで卵黄まで熱が通るため, 煮沸時間が短いと半熟状になる. 割卵した卵をフライパン等で焼く場合も, 熱源に接している卵白が先行して凝固し, 卵黄の凝固は遅れる. 一方, $68 \pm 3^\circ\text{C}$ で長時間加温した

場合, 卵黄が固まり, 卵白は完全に凝固していない温泉卵のような状態になる.

食品衛生法に基づく「食品, 添加物等の規格基準」では, 卵および液卵を使用して食品を製造, 加工または調理する場合は, その加熱工程で 70℃以上・1 分間以上の加熱, またはこれと同等以上の殺菌効果を有する方法で加熱殺菌しなければならない (厚生労働省 1998.). また, 大量調理施設においては「大量調理施設衛生管理マニュアル」に基づく加熱時の温度および時間の管理基準として「75℃以上, 1 分間以上」の加熱が義務付けられている. 原料乳の低温長時間殺菌 (LTLT) 法では, 63℃以上, 30 分間以上の加熱によりサルモネラ属菌を含む食中毒原因微生物を殺滅し, 乳および乳製品の安全を確保する義務がある (乳等省令). しかし, 鶏卵の加熱特性上, 70℃以上の加熱条件では, 卵黄が完全に固化し, 半熟卵の独特の味や食感が損なわれてしまうため, 卵とじカツ丼や親子丼, オムライスやスクランブルエッグ, ハムエッグのような半熟卵の味と食感を楽しむ卵料理は, スチームコンベクションオープンや回転釜等による従来のクックサーブ方式の大量調理施設には適さない.

1.5. インカート調理システムについて

インカートクックシステムは, IH 加熱可能な配膳車 (フードカート) と IH 加熱可能な特殊な食器および 3 点同時加熱可能なトレイを用いる食事提供システムである. 従来のクックサーブ方式が, 下処理, 加熱等の調理後, 食器に盛付けて提供する方式 (「加熱調理」→「盛付」) であるのに対し, インカートクック方式では, 加熱前に盛付けを行い, フタをしてから一斉にプログラムにしたがって食器毎に加熱調理を行う (「盛付」→「自動加熱調理」). さらに加熱調理後は, 配膳時間まで配膳車ごと専用のチルド庫内で冷蔵保存され, 喫食直前までフタを空けないため, 加熱後の二次汚染が阻止される. したがって, 従来のクックサーブ方式より, 作業効率 (熟練スタッフ不要) や経済効率 (ランニングコスト削減), 衛生面 (食中毒リスクの低減) 等での改善が期待できる次世代のクックサーブ方式である.

1.6. 本研究の目的

食品衛生法等の法令で定められた加熱基準を遵守することにより卵料理の安全性は確保されるが、一方で、従来のクックサーブ方式での提供では、半熟卵独特の食感はほぼ完全に失われる。そのため、次世代のクックサーブ方式であるインカート調理法を用いた加熱調理によって、衛生上の重要管理点 (Critical Control Point: CCP) を満たし安全を確保しながら、同時に半熟卵の食感を維持する調理プログラムの確立が望まれる。そこで本研究では、半熟目玉焼きを対象とし、実験的に接種した大腸菌および蛍光性シュードモナス等の加熱指標菌の加熱調理後の生残菌数を計測し、各種加熱プログラムの加熱殺菌効果を検証することで、安全性が確保された半熟卵料理を提供可能か検討した。

2. 材料と方法

2.1. 材料

2.1.1. 微生物と培養法

本研究では、加熱指標として無芽胞菌の大腸菌、および鶏卵の低温腐敗の原因として鶏卵内から高頻度に検出される蛍光性シュードモナスを用いた。これらの菌株は、アメリカ標準株コレクション (ATCC) より購入した。これらはすべて BSL 1 の細菌であるため、以下の検査はすべて P1 実験区域内で実施した。

○大腸菌：*Escherichia coli* ATCC11775 株

加熱指標菌として、サルモネラ属と同じ腸内細菌科に属する大腸菌の標準株 ATCC11775 株 (O1 血清型) を用いた。大腸菌は、普通寒天培地を用いて 35°C で 24 ~ 48 時間、好氣的に培養した。

○卵低温腐敗菌：*Pseudomonas fluorescence* ATCC13525 株

鶏卵の低温腐敗の原因菌として高頻度に検出される蛍光性シュードモナスとして、*P. fluorescence* ATCC13525 株を用いた。本菌も、サルモネラ属菌や大腸菌同様、通性嫌気性グラム陰性無芽胞桿菌である。*P. fluorescence* は、普通寒天培地を用いて 25°C (室温) で 72 時間、好氣的に培養した。本菌は環境常在性の低温菌であるため、20 ~ 30°C 以下では 48 ~ 72 時間以内に黄色の蛍光を呈する独立集落を形成するが、35°C 以上では発育しない。

これらの指標菌を、それぞれ、普通培地 (液体) 200 mL にて純粋培養した。定常期直前で培養を終了し、冷滅菌 PBS (-) で 3 回遠心洗浄後、10 mL の 10% グリセロール添加 PBS (-) に約 20 倍に濃縮・懸濁して、滅菌済マイクロチューブに 0.2 mL ずつ濃縮菌液を分注した。-80°C で冷凍保存し、都度、新しい菌液を溶解して検査に供した (残液は、滅菌後、廃棄処分した)。

2.1.2. 培地および試薬類

以下の培地類は、栄研化学株式会社から購入した。大腸菌および卵腐敗菌の培養には、普通培地および普通寒天培地を用いた。一般生菌数検査には、パールコア標準寒天培地を用いた。サルモネラ数検査には、前増菌培地として緩衝ペプトン水 (BPW)、選択増菌培地として、ラパポート・バシリアディス (RV) 培地およびハーナ・テトラチオン酸塩培地、選択分離培地として DHL 寒天培地および ES サルモネラ寒天培地 II

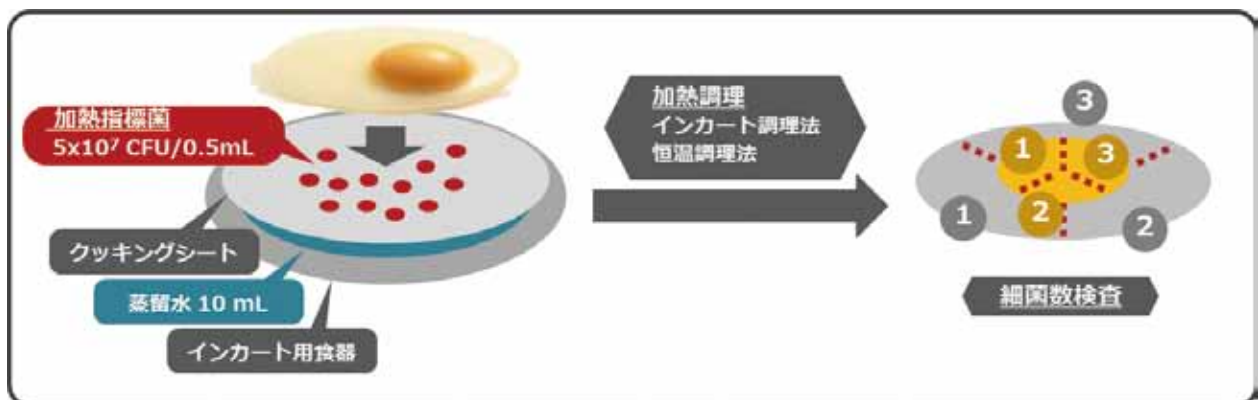


図2 鶏卵の加熱調理および細菌検査プロトコル

を用いた。

検体希釈用の滅菌 PBS (-) (タカラバイオ社) は、1 タブレットにつき 100mL の蒸留水に溶解し、オートクレーブで 121℃、20 分間滅菌し、冷却後、検査に供した。他の検査器具および食器・調理器具類もすべて高圧蒸気滅菌後、検査に供した。

2.1.3. 検査食材

福井県内産の M サイズの鶏卵 (株式会社土田鶏卵) を以下のすべての検査に供した。おおよその平均重量は全卵 50g、うち卵白 35g、卵黄 15g であった。手指および卵殻を十分にアルコール消毒後、割卵し、被験食材外からの雑菌の混入を可能な限り予防した。

2.2. 調理方法

2.2.1. インカート調理法

フタつきインカート加熱用調理食器 (平皿型、株式会社下村漆器店) の底に、滅菌蒸留水 10mL を加え、その上にクッキングシートを敷いた。クッキングシート上に加熱指標菌液 0.5mL (5×10^7 CFU/卵 = 接種密度: 1×10^6 CFU/g, CFU: colony-forming unit) を、均等になるよう播種し、さらにその上に卵殻をアルコール消毒後、割卵した鶏卵 (全卵) をのせた (図 2)。

フタをして、インカート調理専用トレイの所定位置に配膳し、チルド庫対応 IH 配膳車 (株式会社 AGP) ごとチルド庫内にて「火力: やや弱・20 分間」あるいは「火力: 中・15 分間」の加熱調理プログラムで自動加熱調理を行った。加熱調理後、卵白あるいは卵黄内に生残した細菌数をそれぞれ計測した。また毎回、対象群として「非加熱」群をおき、接種時の初発菌数とした。

2.2.2. 恒温加熱調理法

インカート調理法との比較として、恒温槽を用いて一定温度で保温・加熱する恒温加熱調理法による殺菌効果も検討した。インカート調理群と同様に加熱指標菌を接種した鶏卵試料を、庫内温度を 65℃あるいは 75℃に設定した恒温槽内で保温し、「保温: 65℃・120 分間」あるいは「保温: 75℃・90 分間」の条件で恒温調理した。加熱調理後、卵白あるいは卵黄内に

生残した細菌数をそれぞれ計測した。

2.2.3. 加熱調理後の冷蔵保存

夜間の自動加熱調理時に生残した微生物が、朝の提供時までどの程度増殖しうるのか明らかにするために、加熱調理後、3、8 および 25℃で 16 時間保存し、調理後に生残した加熱指標菌数の増殖率を計測した。

2.3. 細菌検査法

2.3.1. 一般生菌数検査

加熱調理前後の指標菌数は、一般生菌数検査で測定した。各郡 3 ~ 4 個の鶏卵を準備し、非加熱の鶏卵については、接種後、卵白液と卵黄液に分離し、それぞれ 1g 中の細菌数を計測した。一方、加熱調理後の鶏卵については、1 つの鶏卵についてそれぞれ「卵黄 3 カ所」「卵白 3 カ所」から計 6 検体をランダムに 5g ずつ採取して細菌数を測定し、平均細菌数を算出した。

2.3.2. サルモネラ数検査

鶏卵のサルモネラ汚染の検査 (液卵のサルモネラ属菌試験法) は、公定法に従った (食品衛生検査指針: 微生物検査編 2004, p188 ~ p191)。滅菌済ビーカー内で無菌的に全卵液を調整し、25g を緩衝アルカリペプトン水に混和・接種して、36℃で 22 ± 2 時間、前増菌培養を行った。つづいて、前培養液 0.5mL をそれぞれ 10mL のラパポート・バシリアディス (RV) 培地およびハーナ・テトラチオン酸塩 (TT) 培地に接種して、42℃で 22 ± 2 時間、選択増菌培養を行った。翌日、選択増菌培養液から 1 白金耳を、DHL 寒天培地およびサルモネラ寒天培地 II に塗抹接種して、36℃で 18 ~ 24 時間、選択分離培養を行い、サルモネラ集落の発育を観察した。

2.4. 温度計測

加熱調理時の卵白および卵黄内の中心温度は、データロガー「midi LOGGER GL820」(グラフテック社) および電磁波防護された温度センサーを用いて測定した。調理容器内の気相、水相、卵白内および卵黄内の複数の部位に温度センサーを配置して、加熱調理中、10 秒毎に経時的・連続的に温度を測定し、データロ

ガーで記録した。調理後、回収された時間-温度曲線データから、各部位ごとの、加熱基準温度75℃および65℃に達するまでに要した時間を算定した。

2.5. 統計解析

細菌検査の検査成績は、Excel2010を用いたt検定により2群間（非加熱群および加熱群間）の有意差検定を行った。

3. 結果と考察

3.1. サルモネラ汚染検査

福井県越前市内で市販されている2つのロットの鶏卵（いずれも株式会社土田鶏卵）について各6個ずつサルモネラ属菌検査を実施した。今回、検査したいずれの鶏卵試料からもサルモネラ属菌は検出されなかった（data not shown）。

3.2. インカート調理法による鶏卵中の細菌の殺菌効果

市販されている鶏卵からサルモネラ属菌は検出されなかったが、鶏卵が原因となるサルモネラ食中毒事例では、原因食品から約 $10^3 \sim 5$ 個/g程度のサルモネラが検出されている。そこで、サルモネラ食中毒の発症菌量よりも多い菌量（ 10^6 CFU/g）の被験菌を接種し

て、加熱後の生残菌数を定量することで加熱調理の効果を検証した。

3.2.1. 「火力:やや弱・20分間」調理による殺菌効果:

加熱時の温度変化を図3.Aに示す。卵白では約10分前後、卵黄では16~17分で75℃に達し、加熱終了時には約90℃前後まで上昇していた。この結果から、「火力:やや弱・20分間」の加熱調理では、加熱調理の衛生基準を満たしていることが明らかになった。

大腸菌を 5×10^7 CFU接種した（全卵当たりの接種密度 = 1×10^6 CFU/g）。非加熱の場合、卵白から平均 $10^{5.59 \pm 0.07}$ CFU/g、卵黄から平均 $10^{3.57 \pm 0.47}$ CFU/gの菌が検出された（表2.A）。加熱調理後の鶏卵3個の卵白および卵黄のいずれの部位からも指標菌（大腸菌）は検出されず完全に殺菌されていることが明らかになった（表2.B）。同様に、卵腐敗菌を 5×10^7 CFU接種した（全卵当たりの接種密度 = 1×10^6

CFU/g）。非加熱の場合、卵白から平均 9.8×10^5 CFU/g、卵黄から平均 3.5×10^4 CFU/gの菌が検出された（表2.D）。加熱調理後の鶏卵3個の卵白および卵黄のいずれの部位からも指標菌（卵腐敗菌）は検出されず、完全に殺菌されていた（表2.E）。

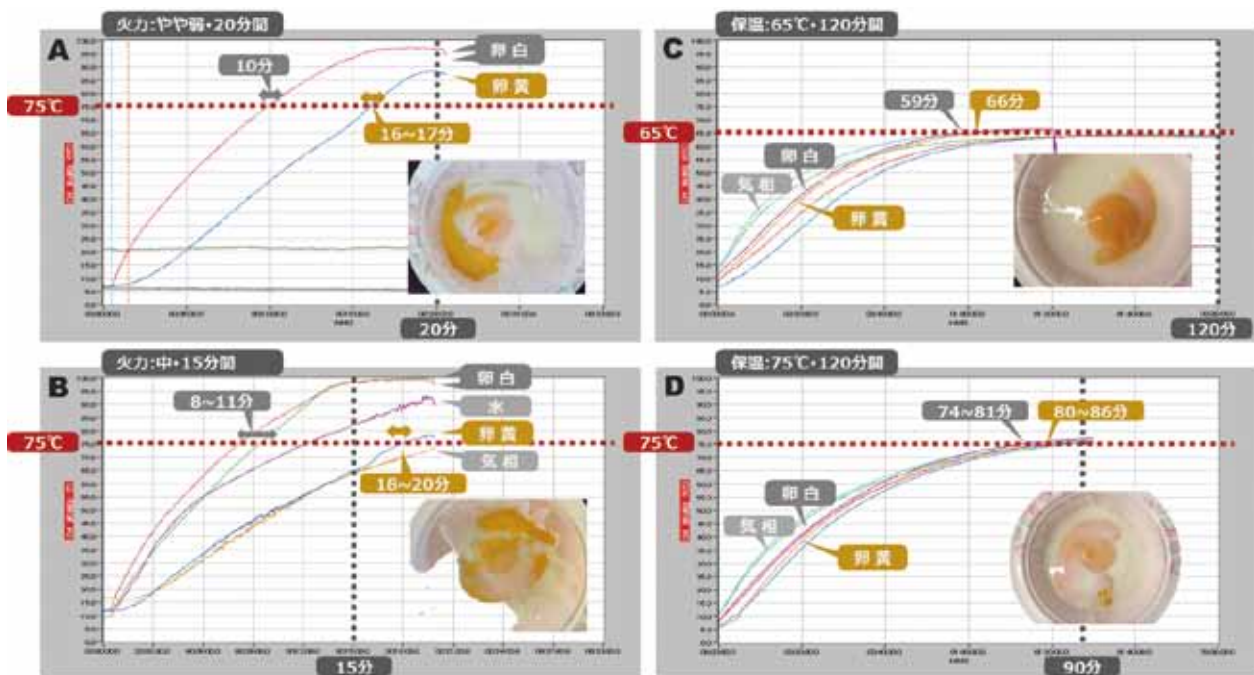


図3 インカート加熱調理後および恒温加熱調理後の経時的温度変化（10秒毎）

表2 インカート加熱調理後の細菌数

A 加熱前 (接種時) の大腸菌数

	卵白 (ov) (CFU/g)	卵黄 (ey) (CFU/g)
鶏卵①	10 ^{5.56}	10 ^{2.95}
鶏卵②	10 ^{5.61}	10 ^{4.08}
鶏卵③	10 ^{5.67}	10 ^{3.70}
鶏卵④	10 ^{5.59}	10 ^{3.53}
平均値	10 ^{5.59±0.07}	10 ^{3.57±0.47}

B [火力:やや弱・20分] 加熱後の大腸菌数

	卵白 (ov) (CFU/g)			卵黄 (ey) (CFU/g)		
	部位①	部位②	部位③	部位①	部位②	部位③
鶏卵①	0	0	0	0	0	0
鶏卵②	0	0	0	0	0	0
鶏卵③	0	0	0	0	0	0
平均値	0			0		

C [火力:中・15分] 加熱後の大腸菌数

	卵白 (ov) (CFU/g)			卵黄 (ey) (CFU/g)		
	部位①	部位②	部位③	部位①	部位②	部位③
鶏卵①	0	0	0	0	0	0
鶏卵②	0	0	0	0	0	0
鶏卵③	0	0	0	0	0	0
平均値	0			0		

D 加熱前 (接種時) の腐敗菌数

	卵白 (ov) (CFU/g)	卵黄 (ey) (CFU/g)
鶏卵①	10 ^{5.91}	10 ^{4.41}
鶏卵②	10 ^{5.85}	10 ^{4.67}
鶏卵③	10 ^{6.11}	10 ^{4.49}
鶏卵④	10 ^{6.04}	10 ^{3.54}
平均値	10 ^{5.98±0.12}	10 ^{4.28±0.50}

E [火力:やや弱・20分] 加熱後の腐敗菌数

	卵白 (ov) (CFU/g)			卵黄 (ey) (CFU/g)		
	部位①	部位②	部位③	部位①	部位②	部位③
鶏卵①	0	0	0	0	0	0
鶏卵②	0	0	0	0	0	0
鶏卵③	0	0	0	0	0	0
平均値	0			0		

F [火力:中・15分] 加熱後の腐敗菌数

	卵白 (ov) (CFU/g)			卵黄 (ey) (CFU/g)		
	部位①	部位②	部位③	部位①	部位②	部位③
鶏卵①	0	0	0	0	0	0
鶏卵②	0	0	0	0	0	0
鶏卵③	0	0	0	0	0	0
平均値	0			0		

3.2.2. 「火力:中・15分間」調理による殺菌効果:

加熱時の温度変化を図3.Bに示す。卵白では約9～11分、卵黄では約18～20分で75℃に達し、加熱終了時には卵白は95℃以上まで上昇していた。しかし卵黄は、15分時点で約65℃であった。この結果から、「火力:中・15分間」の加熱調理では、卵黄については加熱調理の衛生基準を満たせていない可能性が高いことが明らかになった。

しかし、加熱調理後の鶏卵3個の卵白および卵黄のいずれの部位からも指標菌(大腸菌および卵腐敗菌)は検出されず完全に殺菌されていることが明らかになった(表2.CおよびF)。

3.3. 恒温加熱調理法による鶏卵中の細菌の殺菌効果

無芽胞菌であるサルモネラ属菌の殺菌においては、63℃以上を30分間保持する低温長時間加熱殺菌法(LTLT法、いわゆるパストリゼーション)でも十分な殺菌効果が認められる。そこで、保温庫による恒温調理について、インカート調理法と比較検討した。

3.3.1. 「庫内温度:65℃・120分間」調理による殺菌効果:

保温時の温度変化を図3.Cに示す。卵白では約59分、卵黄では約66分で庫内温度である65℃に達した。120分まで、63℃以上を30分間以上保持できるので十分な殺菌効果があると考えられた。

大腸菌を5×10⁷CFU接種した(全卵当たりの接

表3 恒温加熱調理前後の細菌数

A 加熱前 (接種時) の大腸菌数

	卵白 (ov) (CFU/g)	卵黄 (ey) (CFU/g)
鶏卵①	10 ^{5.51}	10 ^{4.76}
鶏卵②	10 ^{5.41}	10 ^{4.41}
鶏卵③	10 ^{5.69}	10 ^{3.98}
鶏卵④	10 ^{5.32}	10 ^{3.68}
平均値	10 ^{5.48±0.16}	10 ^{4.21±0.47}

B [65℃・120分] 加熱後の大腸菌数

	卵白 (ov) (CFU/g)			卵黄 (ey) (CFU/g)		
	部位①	部位②	部位③	部位①	部位②	部位③
鶏卵①	0	0	0	0	0	0
鶏卵②	0	0	0	0	20	30
鶏卵③	0	0	0	0	0	0
平均値	0			10 ^{0.31±0.61}		

C [75℃・90分] 加熱後の大腸菌数

	卵白 (ov) (CFU/g)			卵黄 (ey) (CFU/g)		
	部位①	部位②	部位③	部位①	部位②	部位③
鶏卵①	0	0	0	0	0	0
鶏卵②	0	0	0	0	0	0
鶏卵③	0	0	0	0	0	0
平均値	0			0		

D 加熱前 (接種時) の腐敗菌数

	卵白 (ov) (CFU/g)	卵黄 (ey) (CFU/g)
鶏卵①	10 ^{6.28}	10 ^{4.41}
鶏卵②	10 ^{6.08}	10 ^{4.48}
鶏卵③	10 ^{5.85}	10 ^{3.69}
鶏卵④	10 ^{6.20}	10 ^{3.75}
平均値	10 ^{6.10±0.19}	10 ^{4.08±0.42}

E [65℃・120分] 加熱後の腐敗菌数

	卵白 (ov) (CFU/g)			卵黄 (ey) (CFU/g)		
	部位①	部位②	部位③	部位①	部位②	部位③
鶏卵①	0	0	0	0	0	0
鶏卵②	0	0	0	0	0	0
鶏卵③	0	0	0	0	0	0
平均値	0			0		

F [75℃・90分] 加熱後の腐敗菌数

	卵白 (ov) (CFU/g)			卵黄 (ey) (CFU/g)		
	部位①	部位②	部位③	部位①	部位②	部位③
鶏卵①	0	0	10	0	0	30
鶏卵②	0	0	0	0	0	0
鶏卵③	0	0	0	0	0	0
平均値	10 ^{0.11±0.33}			10 ^{0.16±0.49}		

種密度 = 1 × 10⁶ CFU/g). 非加熱の場合, 卵白から平均 10^{5.48 ± 0.16}CFU/g, 卵黄から平均 10^{4.21 ± 0.47}CFU/g の菌が検出された (表 3.A). 恒温調理後の鶏卵 3 個の卵白についてはいずれの部位からも指標菌 (大腸菌) は検出されず完全に殺菌されていることが明らかになった (表 3.B). しかし, 卵黄においては 1 つの鶏卵の 2 部位から 20 ~ 30 CFU/g の指標菌が検出され, 少量の菌が生残する可能性が示された. 同様に, 卵腐敗菌を 5 × 10⁷CFU 接種した (全卵当たりの接種密度 = 1 × 10⁶ CFU/g). 非加熱の場合, 卵白から平均 10^{5.98 ± 0.12}CFU/g, 卵黄から平均 10^{4.28 ± 0.50}CFU/g の菌が検出された (表 3.D). 加熱調理後の鶏卵 3 個の卵白および卵黄のいずれの部位からも指標菌 (卵腐敗菌) は検出されず, 完全に殺菌されていた (表

3.E).

3.3.2. 「庫内温度 : 75℃・90 分間」調理による殺菌効果 :

さらに, 高温短時間殺菌法 (HTST 法) の目安温度である 75℃まで庫内温度を上昇させて同様の検討を行った. 保温時の温度変化を図 3.D に示す. 卵白では約 74 ~ 81 分, 卵黄では約 80 ~ 86 分で庫内温度である 75℃に達した. 90 分まで, 75℃以上を 1 分以上保持できるので十分な殺菌効果があると考えられた. また, 卵白, 卵黄ともに 50 分以内に 63℃に達していたことから, 63℃・30 分間以上保持の低温長時間殺菌の条件も十分に満たしていた.

加熱調理後の鶏卵 3 個の卵白および卵黄のいずれの部位からも指標菌 (大腸菌) は検出されず完全に殺

表4 16時間保存後の細菌数

A 3℃・16時間保存後の大腸菌数

	卵白 (ov) (CFU/g)	卵黄 (ey) (CFU/g)
鶏卵①	10 ^{2.81}	0
鶏卵②	10 ^{2.74}	0
鶏卵③	10 ^{2.62}	0
平均値	10 ^{2.72±0.09}	0

B 8℃・16時間保存後の大腸菌数

	卵白 (ov) (CFU/g)	卵黄 (ey) (CFU/g)
鶏卵①	10 ^{2.71}	0
鶏卵②	10 ^{2.58}	0
鶏卵③	10 ^{2.52}	0
平均値	10 ^{2.60±0.10}	0

C 25℃・16時間保存後の大腸菌数

	卵白 (ov) (CFU/g)	卵黄 (ey) (CFU/g)
鶏卵①	10 ^{2.77}	0
鶏卵②	10 ^{2.88}	0
鶏卵③	10 ^{2.92}	0
平均値	10 ^{2.86±0.08}	0

D 3℃・16時間保存後の腐敗菌数

	卵白 (ov) (CFU/g)	卵黄 (ey) (CFU/g)
鶏卵①	10 ^{2.79}	0
鶏卵②	10 ^{2.86}	0
鶏卵③	10 ^{3.11}	0
平均値	10 ^{2.92±0.17}	0

E 8℃・16時間保存後の腐敗菌数

	卵白 (ov) (CFU/g)	卵黄 (ey) (CFU/g)
鶏卵①	10 ^{2.68}	0
鶏卵②	10 ^{3.12}	0
鶏卵③	10 ^{3.14}	0
平均値	10 ^{2.98±0.26}	0

F 25℃・16時間保存後の腐敗菌数

	卵白 (ov) (CFU/g)	卵黄 (ey) (CFU/g)
鶏卵①	10 ^{3.05}	10 ^{1.00}
鶏卵②	10 ^{3.16}	0
鶏卵③	10 ^{3.29}	0
平均値	10 ^{3.17±0.12}	10 ^{0.33±0.58}

菌されていることが明らかになった (表3.C). しかし、卵腐敗菌においては、1つの鶏卵の卵白の1部位から10 CFU/g、卵黄の1部位から30 CFU/gの菌が検出された (表3.F).

以上の検査成績から、インカート調理法ならびに恒温調理法、いずれの場合でも無芽胞菌である大腸菌および卵腐敗菌に対する十分な殺菌効果が認められた。菌が検出される場合でも、卵白あるいは卵黄の一部の部位から10² CFU/g以下と少量であり、たとえ鶏卵がサルモネラ属菌に汚染されていたとしても当該菌による食中毒の発症菌量に至らないことから、少なくとも調理後すぐに喫食する場合には食品の安全は確保されていると判断して支障はないと考えられた。

3.4. 加熱調理後の保冷における細菌増殖

しかし、調理後、すぐに喫食されない事例も考慮すると、加熱調理後に僅かに生残したサルモネラ属菌が

増殖して食中毒発症菌量に達してしまう可能性も否定はできない。そこで、加熱調理後に生残した菌が、長時間保存されている間に鶏卵中でどの程度まで増殖するのか検証した。

今回は、夜間 (20時) にインカートクッキングされ、朝食 (7時) ないし昼食 (12時) として提供されるまで最長で16時間経過すると想定した。保存温度は、インカートシステムの保冷庫の設定温度3℃、液卵保存時の法令基準である8℃、停電あるいはチルド庫の故障を想定して室温25℃の3通りの保存温度を検討した。加熱調理後に検出された指標菌数を上回る数の菌が生残する可能性を想定して、全卵当たりの接種密度 = 1 × 10² CFU/g以上になるよう各鶏卵に指標菌を5 × 10³ CFU接種した。

大腸菌については、卵白中から3℃で平均10^{2.72 ± 0.09} CFU/g、8℃で平均10^{2.60 ± 0.10} CFU/g、25℃でも平均10^{2.86 ± 0.08} CFU/gしか検出されず、増殖率はさほど

高くなかった (表 4.A-C). 世代時間は, 3°Cで 2.8 時間, 8°Cで 3.0 時間, 25°Cでも 2.6 時間であった. また, すべての卵黄試料で大腸菌は検出されなかった. 卵白と接するように接種された大腸菌は, 16 時間経過してもほとんど卵黄には移行できないことが明らかになった.

低温細菌である卵腐敗菌でもほぼ同様な検査成績であり, 卵白中から 3°Cで平均 $10^{2.92 \pm 0.17}$ CFU/g, 8°Cで平均 $10^{2.98 \pm 0.26}$ CFU/g, 25°Cでも平均 $10^{3.17 \pm 0.12}$ CFU/g しか検出されなかった (表 4.D-F). 世代時間は, 3°Cで 2.5 時間, 8°Cで 2.4 時間, 25°Cで 2.2 時間であった. また卵黄中からは 25°Cの場合に 1つの鶏卵でのみ 10 CFU/g 検出されたが, それ以外のすべての卵黄試料から大腸菌は検出されなかった. 卵腐敗菌も, 16 時間以内の卵黄移行性はほぼないことが明らかになった.

3.5. 調理法ごとの温度特性

インカート調理では, 調理食器底面からの IH を熱源として加熱させる. 今回用いたフタ付きの平皿では, クッキングシートの下に蒸留水を 10 mL 加えた. 温度上昇を経時的に観察すると, 「火力: やや弱」「火力: 中」いずれの場合でも, まず熱源に近い水相と水分含有率の高い卵白部位の温度が上昇し, 10 分前後で 75°Cに達している (図 3.A および B). 一方, 水相が 50 ~ 55°Cに達する 4 ~ 6 分ごろから 75°Cを超える 12 分頃まで気相および卵黄部位の温度は小刻みに増減を繰り返してしながら上昇し始めることから水相の水分が沸騰・気化して蒸気が発生しはじめていることが推察される. その蒸気の影響に伴い, 気相および卵黄部位の温度も上昇していくが, 水相および卵白部位が 75°Cに達する 10 分前後時点での気相および卵黄部位の温度は, 約 45°C前後と水相や卵白部位と比較して温度上昇が遅れる. 最終的に気相および卵黄部位が 75°Cに達するのは, 「火力: やや弱」で 16 ~ 17 分,

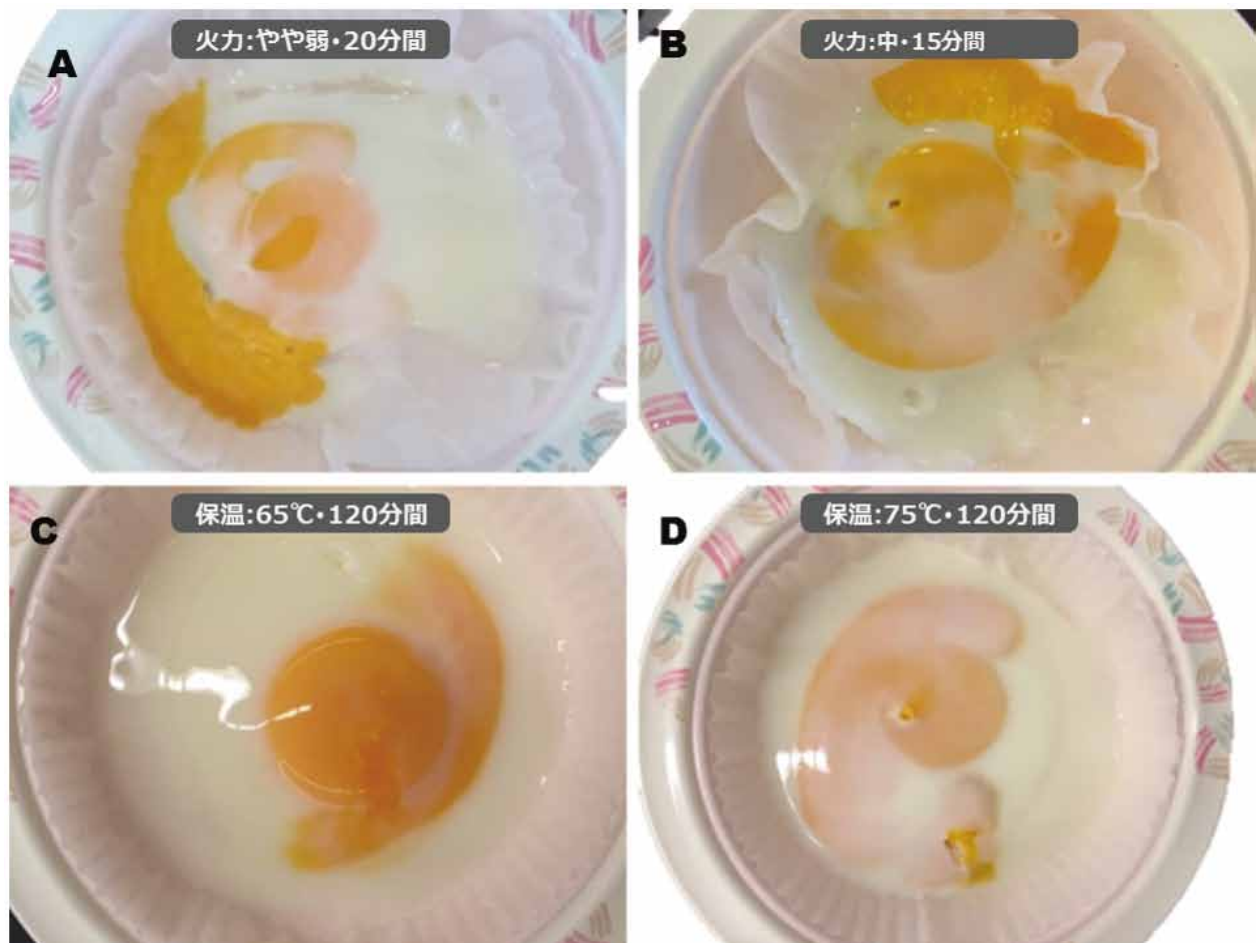


図 4 加熱調理後の鶏卵

「火力：中」では加熱終了後の18～20分で、その時点で卵白部位の温度は95℃前後まで達している。このような時間-温度曲線から、熱源に近く水分含有率の高い卵白部位は「煮る」状態であり、熱源に直接接していない卵黄部位は発生した水蒸気によって「蒸す」状態になっていると推察される。いずれの加熱プログラムでも、卵白部では75℃以上、1分間以上の加熱条件を満たしていた。一方、卵黄部では「火力：中・15分間」加熱の場合、加熱時間内に卵黄の中心温度は75℃に達しなかったが、5分間の余熱時に75℃に達した。しかし、「火力：やや弱」(図4.A)あるいは「火力：中」(図4.B)のどちらの火力でも卵黄はほぼ完全に凝固しており、半熟卵という条件は満たせなかった。さらに90℃以上で5分間以上加熱された卵白もゴムのような弾力になり食するのに適切とはいえなかった。

一方、恒温の保温庫内で調理した場合、「65℃」あるいは「75℃」いずれの温度でも、まず調理器具内の気相の温度が上昇しはじめる。そして気相の温度上昇に5分程度遅れて、卵白および卵黄部位の温度がほぼ同時に上昇しはじめた。加熱保温開始40分程度で気相と卵白および卵黄の温度はほぼ等しくなり、65℃保温では60分前後で65℃に達する(図3.C)。したがって、65℃に達する60分時点からさらに60分間以上(合計120分間)、保温を継続すれば、63℃以上、30分間以上の加熱条件を確実に満たし、安全を確保しうるものと考えられる。75℃保温の場合でも、加熱保温開始50分前後で65℃を超え、80分前後には75℃に達する。したがって、さらに10分間保温を継続すれば(合計90分間)、75℃以上、1分間以上あるいは63℃以上30分間以上の加熱基準を十分満たしうる。しかし、「75℃保温」の卵黄もほぼ完全に凝固していた(図4.D)。一方、「65℃保温」の卵黄は半熟とはいえないものの、完全には凝固しておらず柔らかさを保っていた。卵白はいずれの条件でも、ほどよい堅さであった(図4.C)。

3.6. 加熱温度および時間と汚染微生物の殺滅

今回、加熱指標として用いた大腸菌(*E. coli*)および腐敗菌(*P. fluorescence*)の加熱抵抗性については、

様々な先行基礎データが蓄積されている(Shimizu U. 2012.)。ある一定の温度での加熱時に菌量を10分の1に減殺するために必要な時間(= D 値、以下 D 値と記す)で比較すると、大腸菌は、57.2℃で平均0.8～1.5分間、ミルク中の*P. fluorescence*は、63℃で0.31分と報告されている。今回の検討では、重度に汚染されていることを想定して鶏卵1個あたり 5×10^7 CFU(= 10^6 CFU/g)の菌を接種した。したがって、実験的に接種した指標菌を完全に殺滅するためには、理論上、 $[7 \times D$ 値]分以上の時間を要する。すなわち、大腸菌は57.2℃で約11分間以上、*P. fluorescence*は63℃で約3分間以上と算出できる。今回検討した加熱調理条件では、温度は一定ではなく経時間的に変化しているが、インカート調理の卵白部位と恒温加熱(保温)の卵白および卵黄で少なくとも必要な加熱時間(D 値 $\times 7$ 分以上)を維持されたことが細菌検査の成績にも反映されたと考えて支障なく、少なくとも耐熱性の芽胞を形成しない無芽胞菌に対しては、十分な殺滅効果を有すると評価できる。

腸炎サルモネラ(*S. enterica* serovar Enteritidis PT4株)の52℃加熱での D_{52} 値は、ヒト分離株で約30分、トリ分離株で約20分と報告されている(Humphrey T.J. 1995.)。また、腸炎サルモネラと同じサルモネラ属でしばしば食肉等に由来する食中毒の原因となるネズミチフス菌(*S. enterica* serovar Typhimurium)のミルク中での加熱殺菌時の D 値は、51.8℃で約21.12分、57.2℃で約1.7分、62.8℃加熱で約0.11分(約6秒)、68.3℃加熱で約0.02分(約1.2秒)と報告されている(Bradshaw J. G. 1987.)。今回、サルモネラ属菌については検査しなかったが、本菌によってインエッグ型汚染を受けている場合でも、殻付き鶏卵一個あたり約 10^1 個程度といわれているため、52℃でも60分間以上(すなわち $2 \times D_{51.8}$ 値)保温を継続すれば、汚染している腸炎サルモネラを十分殺滅し、本菌による食中毒を予防しうると考えられる。65℃あるいは75℃での保温庫での恒温加熱調理の場合、30～40分で55℃に達しているため、その時点からさらに60分間($2 \times D_{51.8}$ 値=約43分以上)加熱を継続すれば、経卵巣でインエッグ型汚染している腸炎サルモネラに対しても十分有効であると考えられる。

3.7. 従来法と比較したインカート調理の利点

市場に流通している殻付き鶏卵の腸炎サルモネラ汚染率は約 0.03% 程度といわれており、これは 10,000 個に 3 ~ 4 個の割合である (Murase M. 1994.)。しかし、食品製造工場や大量調理のように複数の鶏卵から卵液を調整する場合、その中の 1 つでも腸炎サルモネラに汚染されていれば、汚染が卵液中すべてに拡散し、大規模な食中毒に発展するリスクを常に伴う。例えば 1,000 個の鶏卵をまとめて 1,000 食分の卵液を調整する場合、計算上 10 回に 3 ~ 4 回は腸炎サルモネラに汚染されることになり、そのとき加熱が不十分であれば喫食した 1,000 名が食中毒を発症しうる。一方、インカートクッキングでは複数の鶏卵を混合することはなく、1 人前の調理食器に 1 個の鶏卵を割り入れフタをすれば、加熱調理され喫食者の手元に配膳されるまで無菌的に運用される。したがって、10,000 食に 3 ~ 4 食の割合でサルモネラ属菌に汚染されていて、かつ加熱後に生残していたとしても、汚染された食品が複数の消費者に喫食されることはなく、必然的に被害の発生率や発生規模も小さくなるという利点がある。

4. 本研究の結論

以上の検査成績と考察より、インカート調理法ならびに恒温加熱調理法のいずれの加熱調理条件においても、加熱指標として実験的に接種した無芽胞菌をほぼ完全に殺滅しうるということが明らかになった。鶏卵および卵加工品を原因とする食中毒において、最も問題となっている腸炎サルモネラを含むサルモネラ属菌については今回の検証の対象とはしなかったが、指標菌として用いた大腸菌や蛍光性シュードモナスと同じく無芽胞のグラム陰性桿菌であり、加熱に対する抵抗性も類似していることから、今回検討した加熱調理法はサルモネラ属菌に対しても同様に有効であると考えられる。

今後の課題として、腸炎サルモネラを含むサルモネラ属菌を対象にした検証も同様に行い、本菌による食中毒を予防し鶏卵の安全性を確保できることを実証する必要がある。また、今回の加熱調理条件では、「65℃・120 分間」の恒温加熱条件を除き、卵黄がかなり

固化しており、インカートクックシステムを用いて鶏卵を半熟状態で提供するという当初の 2 つ目の目的は十分に達成できなかった。今後、加熱調理プログラムの条件（温度および時間）を調整し、半熟を維持しながら、安全性を確保できる加熱調理条件をさらに検討していく必要があるであろう。

謝辞

本研究は、アイディッシュ株式会社と仁愛大学の産学共同研究として実施されました。本研究の実施にあたりインカート調理法について機材を貸与提供し、使用方法をご教授くださったアイディッシュ株式会社の下畑順子氏、吉川実里氏（本学健康栄養学科 2 期生）ならびに本学健康栄養学科の樽井雅彦教授に深く感謝申し上げます。

5. 参考文献

- Asai T., Esaki H., Kojima K. et al. 2006. Antimicrobial resistance in *Salmonella* isolates from apparently healthy food-producing animal from 2000 to 2003: the first stage of Japanese veterinary antimicrobial resistance monitoring (JVARM) . J. Vet. Med. Sci. 68:881-884.
- Bradshaw J.G., Peeler J.T., Corwin J. J. et al. 1987. Thermal resistance of disease-associated *Salmonella typhimurium* in milk. J. Food. Prot. 50:95-96.
- Blaser M.J. and Newman L.S. 1982. A review of human Salmonellosis Rev. Infect. Dis. 4:1096-1106.
- Cogan T.A. and Humphrey T.J. 2003. The rise and fall of *Salmonella* Enteritidis in the UK. J. Appl. Microbiol. 94:114S-119S.
- D' Aoust J. and Pivnick H. 1976. Letter: Small infectious dose of *Salmonella*. Lancet 1:866.
- Humphrey T.J. Slater E., McAlpine K., Rowbury R.J., and Gilbert R.J. 1995. *Salmonella enteritidis* phage type 4 isolates more tolerant of heat, acid, or hydrogen peroxide also survive longer on surfaces. Appl. Environ. Microbiol. 61:3161-3164.
- Imai T. (今井忠平) 1994. 食品衛生研究 44:7.
- Imai T. (今井忠平) 2001. 「食品の保全と微生物」(藤井健夫編), p62. 幸書房
- 厚生労働省 1998. 食品衛生法施行規則及び食品、添加物等の規格基準の一部改正について 平成 10 年生衛発第 1674 号

- 厚生労働省監修 2004. 『食品衛生検査指針：微生物編』
社団法人日本食品衛生協会出版
- 厚生労働省 2007. 食品の食中毒菌汚染実態調査（平成16～
18年）平成19年食安監発第0317001号
- Lipson A. 1976. Letter: Infecting dose of *Salmonella*. Lancet
1:969.
- Matsui T., Suzuki S., Takahashi H. *et al.* 2004. *Salmonella* Enteritidis outbreak associated with a school-lunch dessert: cross-contamination and a long incubation period, Japan, 2001. Epidemiol Infect. 123:873-879.
- Matsumoto Y. (松本裕子、北爪晴恵、山田三紀子他) 2006. 輸入鶏肉から分離された *S. Enteritidis* の薬剤感受性. 病原微生物検出情報 27:193.
- Murase M. and Nakanishi H. 1994. サルモネラ, 特に Enteritidis 下痢症の現状. 食品と微生物 10:181-184.
- Nagai K., Mori T, Tsuda S. *et al.* 1999. Prolonged incubation period of salmonellosis in an outbreak of *Salmonella enteritidis* infection. Microbiol Immunol. 43:69-71.
- Nakanishi H. (仲西寿男) 1993. 食品衛生学雑誌 34:318.
- Simizu U. (清水潮) 2012. 『食品微生物の科学(第3版)』 42 微生物の熱死滅 pp179-226. 幸書房