

博士論文

「給食施設における加熱温度管理の実態と
新たな加熱温度管理方法の検討」

2023 年 1月

龍谷大学大学院 農学研究科 食農科学専攻 博士後期課程

N20D004 山本美穂

給食施設における加熱温度管理の実態と
新たな加熱温度管理方法の検討

龍谷大学大学院農学研究科食農科学専攻学位論文

給食経営管理学研究室

2023 年

山本 美穂

目次

給食施設における加熱温度管理の実態と
新たな加熱温度管理方法の検討

序論.....	1
第 1 章 近畿地域および愛知県内の給食施設における加熱温度管理の実態	
I. 緒言.....	3
II. 方法.....	4
III. 結果.....	6
IV. 考察.....	12
V. まとめ.....	15
第 2 章 給食施設における到達温度による食品加熱温度管理の可能性の検討 ～蒸し鶏肉団子の一般生菌数での検討～	
I. 緒言.....	16
II. 方法.....	17
III. 結果.....	18
IV. 考察.....	21
V. まとめ.....	23
第 3 章 給食施設における ATP 測定法を用いた加熱調理後食品の衛生状態確認の試 み	
I. 緒言.....	25
II. 方法.....	26
III. 結果.....	28
IV. 考察.....	32
V. まとめ.....	34
総括.....	36

謝辭.....	38
參考文獻.....	39
主論文.....	44

序論

わが国では、腸管出血性大腸菌 O157 による食中毒や、鶏卵を原因食品とするサルモネラ食中毒、海産魚介類を原因食品とする腸炎ビブリオ食中毒などの食中毒事故が後を絶たない^{1,2)}。さらに近年は、ノロウイルスによる食中毒が爆発的に流行しており、食の安全性に対する意識がより一層高まってきている³⁻⁵⁾。食品衛生における法規制では、食品衛生法の改正により食品の製造・加工、調理、販売、飲食店などの食品を扱うすべての事業者に対して 2021 年 6 月から小規模調理施設の導入状況を鑑みて、「HACCP に沿った衛生管理が義務化」され、学校や給食などの特定給食施設も HACCP に沿った衛生管理が徹底されることとなった⁶⁾。

HACCP とは Hazard Analysis and Critical Control Points の略で、食品等の事業者自らが食中毒菌汚染や異物混入等の危害要因（ハザード）を把握した上で、原材料の入荷から製品の出荷に至る全工程の中で、それらの危害要因を除去又は低減させるために特に重要な工程を管理し、製品の安全性を確保しようとする衛生管理の手法⁶⁾である。具体的な衛生管理については、業種や規模に応じて「一般的な衛生管理」および「HACCP に沿った衛生管理」に関する基準に基づき衛生管理計画を作成し実施することとなっている⁷⁾。

給食施設においては、1996 年に起きた腸管出血性大腸菌 O157 による大規模な食中毒を発端として、厚生労働省は食中毒を防止するため HACCP の概念に基づき「大量調理施設衛生管理マニュアル」（以下衛管マニュアル）を策定している⁸⁾。衛管マニュアルには、「原材料の受け入れ・下処理段階における管理」、「加熱調理食品の加熱温度管理」、「二次汚染防止」や「衛生管理体制の確立」などの記載があり、具体的な衛生管理方法が記載され、給食施設にとって衛生管理上重要な手引きとなっている⁸⁾。衛管マニュアルにおいては、加熱調理食品は、「中心部温度計を用いるなどにより、中心部が 75℃で 1 分間以上（以下 75℃1 分間）（二枚貝等ノロウイルス汚染のおそれのある食品の場合は 85～90℃で 90 秒間以上）又はこれと同等以上まで加熱されていることを確認するとともに、温度と時間の記録を行うこと。⁸⁾」と記載されており加熱温度管理は食中毒を予防する重要なポイントとなっている。しかしながら、給食施設では、毎年集団食中毒が発生しており、衛管マニュアルの活用が不十分である可能性があり、完全に食中毒をなくすことは困難な状況である^{1,2)}。食中毒を防ぐためには、加熱不足や 2 次汚染などの加熱後の取扱いに十分留意し、衛生管理を徹底する必要がある。

ところが給食施設における加熱温度管理は、食中毒を予防するための最重要業務ではあるものの、衛管マニュアルと同等の殺菌効果が期待できれば、各給食施設独自の手引きに則っても差し障りがないとされている^{8,9)}。そのため給食施設によっては独自の手引きがあり、それに則った加熱温度管理で運営している施設も存在すると考えられる。一方、各給食施設による根拠のない衛生管理の作業は、食中毒のリスクが高まり、極めて危険である。しかしながら、給食施設での加熱温度管理の状況や実態については、調査研究がほとんど実施されておらず不明である。

本論文では、これらの背景に基づき給食施設における衛生管理の実態を明らかにするとともに、より衛生的で美味しい食事提供を行うために、衛管マニュアル以外の衛生管理方法でも衛生状態を担保できる手法を提示することを目的とした。

第1章では、近畿および愛知県内の給食施設に対して加熱温度管理の状況における質問紙調査を実施し、給食施設における食品の加熱温度管理の現状を明らかにすることを試みた。第2章では、第1章の実態調査で得られた結果をもとに、実際の給食施設で行われているその方法が衛生的であるか検証を行った。さらに第3章では、食中毒予防をより強化することを目的に加熱温度管理の手法にさらに踏み込んだ衛生管理方法を確立するため、ATP測定法を用いた加熱調理食品の衛生状態の評価の検討の試みを行った。

第 1 章 近畿地域および愛知県内の給食施設 における加熱温度管理の実態

I. 緒言

給食施設の衛生管理の基本である衛管マニュアルは、HACCP の概念を取り入れており、食中毒を予防するための最も優れたマニュアルである⁸⁾。しかしながらあくまでもマニュアルに留まっているため、遵守の義務はなく、給食施設において独自の手引を取り入れても差し障りがない^{8, 9)}。つまり給食施設において最も重要なことは、食中毒を防止し衛生的で美味しい食事を提供することであり、衛生管理方法は施設ごとに委ねられている⁷⁾。

衛管マニュアルに示された加熱温度管理は、作業の煩雑さから、調理業務の効率に支障をきたすことが報告されている^{10, 11)}。さらに 75℃を確認してから 1 分間以上の加熱は食材の種類や厚さなどの条件によっては過剰加熱を招くおそれがある。特に肉や魚などのたんぱく質食品は、加熱に伴うたんぱく質の凝固、熱収縮や保水性の低下により加熱の度合によっては食味を損ねる硬さになることが懸念される^{12, 13)}。また加熱による中心温度は、高い方が硬くなりやすいとの報告もある¹⁴⁾。作業の煩雑さや加熱による食材の状態を踏まえると、施設によっては独自の手引に則って衛生管理を行っている施設も存在すると考えられる。もし施設で取り決めた手引きの衛生管理方法の安全性に根拠がなければ、食中毒のリスクが高まり、極めて危険である。しかしながら、給食施設における加熱温度管理方法についての状況や実態の調査研究はほとんど実施されておらず不明である。衛管マニュアルが策定されているにも係わらず給食施設における食中毒が後を絶たないことから、加熱温度管理方法の現状や実態を知ることが、衛生管理を行う上で重要なことであると考えられる。

本研究では、給食施設における加熱温度管理の実態を明らかにすることを目的に質問紙調査を行った。

II. 方法

1. 調査対象および期間

滋賀県，京都府，大阪府の近畿圏内および愛知県内にある 110 の給食施設を調査の対象とした。質問紙は，2019 年 8 月から 2020 年 3 月にかけて，対面もしくは郵送より配布し，無記名の自記式質問紙調査として回答を依頼した。質問紙の回答者は，衛生管理責任者とすることを質問紙に記載した。回答の提出方法は，郵送とし，提出期限を 2020 年 5 月末とした。しかし，5 月末における回答数が少なかったため 2020 年 6 月に再依頼を行い，7 月末までに返送された回答を集計に用いた。質問紙の有効回答数は 56 件であり，有効回答率は 50.9%であった

2. 倫理的配慮

調査には，説明書を添付し，「調査の目的・内容」，「個人・施設の情報が公表されることがないこと」，「調査は任意で行われ，回答しないことによって不利益を被ることはないこと」，「調査の参加をいつでも辞退できること」を明記し，回答者の同意を得られた場合に同意書に署名を得た。調査は，龍谷大学人を対象とする研究に関する倫理委員会から承認を得て実施した（2019〔令和元〕年 7 月 25 日承認，申請番号：2019-09）。

3. 質問紙の内容

1)回答者の属性と施設概要に関する質問

回答者の属性については，職種，職種の経験年数，衛生管理責任者としての経験年数の回答を得た。一方，施設の概要については，施設の分野，1 日における提供食数，施設の設置経過年数，加熱調理食品の温度測定者の回答を得た。

2)加熱温度管理の現状に関する質問

衛管マニュアルの存在について「1. よく知っている，2. 知っている，3. あまり知らない，4. 全く知らない」の選択肢から，内容については「1. 詳しく知っている，2. 知っている，3. あまり知らない，4. 全く知らない」の選択肢から回答を得た。また，加熱調理食品の中心温度測定の実施の有無については「1. すべての食品で行っている，2. 場合によって行っている，3. 全く行っていない」の選択肢から回答を得た上で，

実施有りの回答者には、「75℃以上に達したことを確認し、そこから1分間以上（以下75℃で1分間以上）加熱している（以下衛管マニュアル記載方法）」、「施設で取り決めた『ある一定の温度』に達したら、加熱をやめている」、「それ以外の方法で行っている」の選択肢から回答を得た。測定方法が「施設で取り決めた『ある一定の温度』に達したら、加熱をやめている」と回答した回答者には、施設で取り決めた『ある一定の温度』の温度の回答を得た。施設に温度の基準のない場合には、経験に基づくおおよその温度の回答を得た。測定方法が、「それ以外の方法で行っている」と回答した回答者には、具体的な方法について自由記述での回答を得た。

なお、本調査では、二枚貝などのノロウイルス汚染の恐れのある食材についての解析は除外した。

3)加熱温度管理に対する衛生管理責任者の意識および作業に関する質問

加熱温度管理に対する意識について「1. 非常に重要だと思う、2. 重要だと思う、3. あまり重要ではないと思う、4. 全く重要でないと思う」の選択肢から、作業について「1. 全く手間ではない、2. 手間ではない、3. 少し面倒だ、4. かなり面倒だ」の選択肢から回答を得た。

4. 回答の集計および統計処理

統計処理は加熱調理食品の温度管理方法について行った。解析には統計解析ソフトGraphPad Prism7 (GraphPad Software Inc. USA) を用い、「衛管マニュアル記載方法」で行っている施設と「それ以外」の施設の2群に分けたうえで、施設分野、食数および衛管マニュアルの「存在」および「内容」の認知度、加熱温度管理の有無および手間の度合いについてクロス集計し、 χ^2 検定を行った。有意水準は5%とした。

Ⅲ. 結果

1. 調査の回答者の属性と回答施設の概要

調査の回答者（各施設の衛生管理責任者）の属性と回答施設の概要を表 1-1 に示した。衛生管理責任者の職種は「管理栄養士・栄養士」73.2%でもっと多く、その他は管理栄養士・栄養士と調理員・調理師を兼務している職種であり、ほとんどの施設の衛生管理責任者は管理栄養士・栄養士の有資格者であった。職種歴は、平均 15.6 ± 10.6 年で、その内訳は「10 年未満」35.7%、「10 年以上 20 年未満」30.4%、「20 年以上」33.9%であった。衛生管理責任者としての経歴年数は、平均 8.6 ± 7.6 年で、約 7 割が「10 年未満」であった。施設分野は、「医療施設」32.1%、「高齢者福祉施設」21.4%、「児童福祉施設」25.0%、「学校」7.1%、「事業所」10.7%、「セントラルキッチン」3.6%であった。施設の設置経過年数は、平均 15.7 ± 11.0 年で、3 年以内の新しい施設もある一方で 30 年以上経過する古い施設も存在していた。提供食数について、平均 993.0 ± 1750.4 食で、1 日 250 食以上 500 食未満の施設が最も多く 35.7%であった。衛管マニュアルが適用される「1 回 300 食以上又は 1 日 750 食以上」の施設は 30.4%で、69.6%は「1 回 300 食未満又は 1 日 750 食未満」であった。

表1-1 回答者の属性と回答施設の概要

質問項目	回答肢	回答数	(%)
衛生管理責任者の職種	管理栄養士・栄養士	41	(73.2)
	調理師・調理員	13	(23.2)
	事務職員	1	(1.8)
	その他	1	(1.8)
職種歴	10年未満	20	(35.7)
	10年以上20年未満	17	(30.4)
	20年以上	19	(33.9)
	平均値±標準偏差(年)	15.6±10.6	
衛生管理責任者の 職種経験年数	10年未満	38	(67.9)
	10年以上20年未満	12	(21.4)
	20年以上	6	(10.7)
	平均値±標準偏差(年)	8.6±7.6	
施設分野	医療施設	18	(32.1)
	高齢者福祉施設	12	(21.4)
	児童福祉施設	14	(25.0)
	学校	4	(7.1)
	事業所	6	(10.7)
	セントラルキッチン	2	(3.6)
施設設置経過年数	10年未満	19	(33.9)
	10年以上20年未満	20	(35.7)
	20年以上	17	(30.4)
	平均値±標準偏差(年)	15.7±11.0	
提供食数	1回300食未満または 1日750食未満	39	(69.6)
	1回300食以上または 1日750食以上	17	(30.4)
	平均値±標準偏差(食)	993.0±1750.4	
1日当たりの提供食数	250食未満	13	(23.2)
	250食以上500食未満	20	(35.7)
	500食以上750食未満	7	(12.5)
	750食以上1000食未満	3	(5.4)
	1000食以上	13	(23.2)

n=56

2. 加熱温度管理の現状

加熱温度管理の現状についての結果を表 1-2 に示した。衛管マニュアルの存在について、「よく知っている」又は「知っている」と回答した施設が 9 割を占め、衛管マニュアルについて認知していたが、「あまり知らない」と回答した施設が 1.8%あり、衛管マニュアルについて認知の低い施設も見受けられた。また、衛管マニュアルの内容の熟知について、認知度同様に、ほとんどの施設では衛管マニュアルについて熟知していたが、「あまり知らない」と回答した施設は 3.6%あり、熟知の低い施設があることも分かった。中心温度の測定に有無については、「すべての食品で行っている」が 75.0%,「場合によって行っている」が 25.0%で 7 割以上の施設ですべての食品で加熱温度管理を行っていることが分かった。また、全く行っていない施設は見受けられなかった。加熱調理食品の中心温度測定について、「実際に加熱調理作業に携わった調理師・調理員が行っている」が 92.9%で、ほとんどの施設で調理作業員が中心温度の確認および記録を行っていることが分かった。

加熱温度管理方法について、衛管マニュアルに準拠した「75℃以上に達したことを確認し、そこから 1 分間以上加熱している」施設は、全体の 44.6%で、「施設で取り決めた『ある一定の温度』に到達したら加熱をやめている」施設は 42.9%で、「それ以外の方法で行っている」施設は 12.5%であった。

温度管理方法について、到達温度を確認する方法および独自の方法で行っている施設がおおよそ半数以上存在することが分かった。到達温度を確認する方法では、到達温度として、75℃、79℃、85℃、90℃など様々であったが、75℃以下で温度管理をしている施設は見受けられなかった（表 1-3）。独自の方法では、79℃で一瞬など、衛管マニュアル記載の加熱温度よりも高い基準で実施している施設も存在する一方で、加熱のし過ぎで焦げたり、食材によっては破裂するなどの理由から、3 点測定し、75℃以上を確認した時点で加熱を終了するといった施設もあった（表 1-4）。また、1 日の提供食数の回答より衛管マニュアルが適用される施設を抽出し分析したところ、衛管マニュアルに準拠した温度管理を行っている施設は 35.3%で、64.7%はそれ以外の方法で温度管理を行っていることが分かった。

表1-2 加熱温度管理についての現状

質問項目	回答肢	回答数	(%)
大量調理衛生マニュアルの存在について	よく知っている	32	(57.1)
	知っている	23	(41.1)
	あまり知らない	1	(1.8)
	全く知らない	0	(0.0)
大量調理衛生マニュアルの内容について	詳しく知っている	14	(25.0)
	知っている	40	(71.4)
	あまり知らない	2	(3.6)
	全く知らない	0	(0.0)
中心温度の測定の有無について	すべての食品で行っている	42	(75.0)
	場合によって行っている	14	(25.0)
	全く行っていない	0	(0.0)
中心温度の測定者	衛生管理責任者が行っている	2	(3.6)
	衛生管理責任者以外で担当を決め、その担当者が行っている	2	(3.6)
	実際に加熱調理作業に携わった調理師・調理員が行っている	52	(92.9)
加熱温度管理方法について	75℃以上に達したことを確認し、そこから1分以上加熱している	25	(44.6)
	施設で取り決めた「ある一定の温度」に達したら、加熱をやめている	24	(42.9)
	それ以外の方法で行っている	7	(12.5)

n=56

表1-3 施設で独自に取り決めている到達加熱温度

到達温度(°C)	施設件数
75	1
79	3
80	2
85	16
90	2
n=24	

表1-4 施設で取り決めた独自の加熱温度管理方法

-
- ・ 3点測定し、75 °C以上あれば加熱を終了する
 - ・ 79 °C瞬間
 - ・ 85 °C1分以上（2施設）
 - ・ 85 °C一瞬で、一番火の通りにくいであろう場所の食材を3個計測
 - ・ 85 °C以上90秒以上
 - ・ 90 °C 3点
-

3. 加熱温度管理に対する意識

加熱温度管理に対する意識についての結果を表 1-5 に示した。すべての施設において加熱温度管理は、「非常に重要だと思う」又は、「重要だと思う」と回答し、衛生管理として重要であると回答した。一方で作業の手間については、「全く手間ではない」が21.4%, 「手間ではない」が41.1% 「少し面倒だ」が32.4%, 「かなり面倒だ」が5.4%であり、約4割の施設が加熱温度管理の重要性を認識しているが、その作業は面倒だと回答していた。

上記でも示したように、温度管理方法について衛管マニュアル記載の方法以外で行っている施設がおおよそ半数以上存在することが分かった。そこで、75°Cで1分間以上行っている施設とそれ以外の施設（到達温度で管理する方法および独自の方法）の2群に分けて、調査で得られた回答についてクロス集計を行い、その結果を表 1-6 に示した。なお、衛管マニュアルの存在および内容について「よく知っている（詳しく知っている）」および「知っている」を熟知あり、「あまり知らない」、「全く知らない」を熟知なしとし分析を行った。中心温度測定の作業について「全く手間ではない」「手間ではない」を「肯定的」、「少し面倒だ」、「かなり面倒だ」を「否定的」として分析した。その結果いずれの質問においても2群の間に有意な差は認められなかった。

表1-5 加熱温度管理についての意識調査

質問項目		回答肢	回答数	(%)
加熱温度管理の意識について	食品の加熱温度管理の重要性について	非常に重要だと思う	39	(69.6)
		重要だと思う	17	(30.4)
		あまり重要ではないと思う	0	(0.0)
		全く重要ではないと思う	0	(0.0)
加熱温度管理の作業について	中心温度測定の手間について	全く手間ではない	12	(21.4)
		手間ではない	23	(41.1)
		少し面倒だ	18	(32.1)
		かなり面倒だ	3	(5.4)

n=56

表1-6 温度確認方法の違いによる比較

質問項目		回答肢	温度確認方法				χ^2 値 (自由度)	有意確率 p 値
			7 5℃1 分以上		それ以外の方法			
			n=25 人数 (%)		n=31 人数 (%)			
施設の概要	施設の分野について	医療施設	11	(44.0)	7	(22.6)	-	-
		高齢者福祉施設	5	(20.0)	7	(22.7)		
		児童福祉施設	5	(20.0)	9	(29.0)		
		学校	2	(8.0)	2	(6.5)		
		事業所	2	(8.0)	4	(12.9)		
		セントラルキッチン	0	(0.0)	2	(6.5)		
	食数について	1回300食未満又は1日750食未満	19	(76.0)	20	(64.5)	0.86	0.3528
		1回300食以上又は1日750食以上	6	(24.0)	11	(35.5)		
加熱温度管理の実際	大量調理衛生マニュアルの存在について	熟知あり	25	(100)	30	(96.8)	0.82	0.3649
		熟知なし	0	(0)	1	(3.2)		
	大量調理衛生マニュアルの内容について	熟知あり	24	(96.0)	30	(96.8)	0.02	0.8767
		熟知なし	1	(4.0)	1	(3.2)		
	中心温度の測定の有無について	すべての食品で行っている	19	(76.0)	23	(74.2)	0.02	0.8767
		場合によって行っている	6	(24.0)	8	(25.8)		
		全く行っていない	0	(0.0)	0	(0.0)		
加熱温度管理の作業について	中心温度測定の手間について	肯定的	16	(64.0)	19	(61.3)	0.04	0.8351
		否定的	9	(36.0)	12	(38.7)		

IV. 考察

本章の研究では、給食施設における加熱温度管理の現状と意識調査を行い、加熱温度管理における実態調査を行った。

衛管マニュアルの存在および内容については、9 割以上の施設において存在および内容を知っていた。その一方で、「あまり知らない」と回答した施設も少数だが見受けられた。「あまり知らない」と回答した施設の衛生管理責任者は、20 年以上調理業務に従事していることから、衛管マニュアルが施行される前に学校を卒業していれば詳しく学んでおらず、その後自ら衛生管理の新しい情報収集などをしていなかった可能性も考えられる。

中心温度の測定の有無に関して 7 割以上の施設は、すべての食品で確認を行っているものの、「場合によってのみ」温度管理を行っている施設が 2 割以上存在することも明らかになった。本研究では、「場合によってのみ」と回答した施設について、どのような場合に行っているかの調査を行っていないため不明ではあるが、調理中に付着した細菌などを考慮するとすべての食品について確認を行うことが望ましいと考える。加熱温度管理については、衛管マニュアル通りの、75℃1 分間以上の確認を準拠している施設と、それ以外の方法で行っている施設は同割合で存在することが分かった。さらに、「1 回 300 食以上または 1 日 750 食以上」を提供している衛管マニュアル対象施設においても、半数以上の施設が加熱温度管理は衛管マニュアルの方法ではなくそれ以外の方法で行っていた。それ以外の方法としては、ある一定に達したら加熱をやめるといった「到達温度」で管理を行っている施設が約 4 割存在していた。また、85℃を確認してから 1 分間加熱すると回答した施設もあり、75℃1 分間と同等以上の加熱と認められる施設もあった。一方で 79℃一瞬と回答した施設もあり、到達温度での加熱温度管理と類似した方法で行っている施設も存在した。食品安全委員会では腸管出血性大腸菌 O157 やカンピロバクターなど食中毒を防止するためには 75℃で 1 分間以上の加熱が必要としている^{15,16)}。また、厚生労働省では、75℃で 1 分間以上と同等の加熱条件として、「70℃, 3 分」、「69℃, 4 分」、「68℃, 5 分」、「67℃, 8 分」、「66℃, 11 分」、「65℃, 15 分」が妥当であると示しており¹⁷⁾、到達温度についての記載は見当たらなかった。到達温度での確認方法で加熱温度管理を行っていた施設では、温度を設定するにあたりこれまでの調理経験などから導き出した温度、もしくは 75℃よりも高い温度を設定することで安全であると推測した温度であり、エビデンス

に基づいた温度設定ではない可能性が考えられる。75℃以上の温度であっても、1 分以上の加熱がされていなければ食中毒の原因菌などが完全に死滅しているかは不明であると考ええる。エビデンスのない衛生管理を行うことは、給食施設においてはリスクが高いため、到達温度の設定および独自の方法の設定のためには、その温度、方法が安全であるかの検証が必要であると考ええる。衛管マニュアルが施行されておおよそ 20 年が経過し、これまでに 4 回改正はされているものの温度管理についてはノロウイルス予防のための温度管理以外大きな改正はされていない¹⁸⁻²²⁾。また本調査は限られた地域での調査であり、限定的な結果しか示せていないが、到達温度での確認の方法が多く施設で実施されている実態があるのであれば、安全である到達温度の検証をしたうえで、得られたエビデンスをもとに衛管マニュアルにおける加熱温度管理について見直しをする必要があると示唆する。

また実際の現場においては、75℃を確認してから 1 分以上の加熱により焦げたり、食材によっては破裂するなどの理由から 75℃以上を確認した時点で加熱を終了する施設も存在していた。75℃で 1 分以上の加熱により、食中毒の原因菌は死滅する可能性は高くなるが、食材の種類や厚さなどの条件によっては加熱の度合いにより食味や外観を損なう可能性がある。特に肉や魚などのたんぱく質を主成分とする食材の硬さは加熱度合いにより変化し、食味に影響すると考えられる¹⁴⁾。たんぱく質は加熱に伴い熱凝固や熱収縮が起こるとされ、加熱条件の違いにより肉のジューシー感に影響が出る²³⁾や筋原線維の硬直が起こること²⁴⁾が報告されている。野菜についても加熱温度と加熱時間は食味に影響することが分かっているため²⁵⁾、食味と加熱温度、加熱時間は関連している。つまり過剰な加熱は、衛生管理のうえでは安全であるかもしれないが、美味性の高い食事提供にはつながらない。そのため、給食施設での衛生的で美味性の高い食事提供をするためには、加熱温度管理の見直しが必要であると考ええる。また現行の加熱温度管理は、すべての食材に関して一律であるが、美味しさも重視するためには本来なら食材ごとやその厚さによって加熱温度管理を変えるべきである。しかしながら手引にするためには加熱方法の違いなど様々なケースや食材についてデータベース化する必要があり現実的ではない。そこで、その場で簡単に衛生検査ができる検査モデルを構築することができれば衛生管理をさらに強化することができると考えられる。

また衛生管理としての加熱温度管理は重要と考えられているが、今回の調査で実際

に現場での作業としては、手間であると感じている施設は半数近く存在していることが分かった。既報¹¹⁾においても、衛生管理作業が作業効率の低下を感じている施設が存在すると報告していることから、加熱温度管理を到達温度で確認する方法や独自の方法で行っている理由も、作業の簡略化が目的であることは否めないと推察する。また、近年では、食品内部の温度を測定できる装置付きのスチームコンベクションオーブンなどが開発されているが²⁶⁾、これらを導入するにはコストがかかるため現実的とは言えないだろう。いずれにせよ、75℃を確認してから1分間以上の加熱温度管理は作業の効率性を欠く作業であることから、食中毒のリスクを抑えコストをかけずに作業の簡略化をすることは今後の課題と示唆する。

また、温度確認方法の違いによる群分けを行い、統計処理を行ったが、いずれの項目についても有意な差は認められなかった。特に「1回300食以上又は1日750食以上」の衛管マニュアル対象施設では、衛管マニュアルに準拠した方法で温度管理を行っているとは予想したが、差は認められなかった。本調査では、衛管マニュアル対象施設が17施設とn数が少なかったため、更に細分化しての分析は行わなかったが、食数が多くなると加熱温度管理作業への負担もさらに増えると考えられるため、施設で管理しやすい方法で行っていると考えられる。また中心温度測定の手間についても、既報の結果⁸⁾より衛管マニュアル通りの75℃1分間以上群の大半が否定的な回答をするとは予想したが、差は認められなかった。これらの要因として、n数が少ないこと以外にも、温度測定者は、衛生管理責任者ではなくほとんどの施設で実際に調理に携わった調理従事者であり、本調査では調理従事者の意見は、回答には反映されていないことから手間について差が認められなかったと考えられる。しかしながら、本調査で得られた結果において半数近くの施設では、加熱温度管理作業について否定的に捉えていることから、食の安全性を担保した上で作業を簡略化することに意義はあると考える。

衛管マニュアルは、給食施設における衛生管理の基本であり、具体的な温度管理として75℃で1分間以上の加熱の方法が最も安全であるとされていることから、本来であればこの方法を準拠すべきである。したがって調査した半数以上の給食施設が衛管マニュアルを準拠していない現状については、重要な問題であり衛生管理責任者や調理従事者への衛生教育が再度必要であると考えられる。しかしながら、実際の現場において75℃で1分間以上の加熱が過剰加熱になるケースや作業に煩わしさを感じているこ

とが本調査で明らかとなったため、衛管マニュアル以外の管理方法についても検討することに意義はあると考える。衛管マニュアル以外の管理方法として、到達温度での衛生管理方法でも安全であると培養法によりエビデンスが得られれば、到達温度での管理方法を提案したい。

本章の研究の限界として、次の3つが挙げられる。1つめは、調査した地域が限定的であり、さらに調査施設が少ない上に、回収率もおおよそ半数であったことから、示した結果には限界があり、さらに統計処理において有意差が生じにくかったことである。そして2つめは、質問紙の質問項目について、食数については調査したものの、調理従事者の人数を調査していなかったため、手間との関連性を検討することができなかった。また、対象施設について、委託と直営についても調査していないため、委託の施設の場合、同じ委託給食会社であれば加熱温度管理方法については、同様の回答が得られると考えられる。3つめは、回答のあった施設のうち、独自の加熱温度管理方法を設定している施設に、その設定するに至った経緯について質問していないため、現状を把握するには不十分であったことである。今後は、調査施設を拡充させるとともに、必要であれば追調査を行う必要があると考えられる。

V. まとめ

本章では、給食施設に対して加熱温度管理の状況における質問紙調査を実施し、給食施設における食品の加熱温度管理の実態を明らかにすることを目的とした。本研究で得られた結果から、衛管マニュアルにある75℃で1分間以上を準拠した方法で加熱温度管理を行っている施設は、おおよそ半数であった。一方、衛管マニュアルに記載された以外の加熱温度管理の方法について安全性の検証の必要性を明らかにした。また、温度管理は、重要だと考えている反面で、手間だと感じている回答者も存在することが明らかになった。

第2章 給食施設における到達温度による 食品加熱温度管理の可能性の検討 ～蒸し鶏肉団子の一般生菌数での検討～

I. 緒言

序論でも示したように衛管マニュアルには、加熱調理食品は、「中心部温度計を用いるなどにより、中心部が75℃で1分間以上（二枚貝等ノロウイルス汚染のおそれのある食品の場合は85℃で1分間以上）又はこれと同等以上まで加熱されていることを確認するとともに、温度と時間の記録を行うこと。⁸⁾」と記載されている。加熱温度管理方法を含め衛管マニュアルは食中毒を予防する重要なマニュアルであり、衛生管理の基盤になっているものの、各施設における具体的な衛生管理方法は、施設ごとに委ねられている⁹⁾。

第1章では、衛管マニュアルを遵守した75℃1分間以上の加熱を行っている施設と衛管マニュアル以外の方法で加熱温度管理を行っている施設は同割合存在していると報告した²⁷⁾。またそのうち約4割の施設は、到達温度で温度管理を実施しており、その到達温度は75℃以上であるもののエビデンスに基づいた温度設定であるかは不明である。なお、食品安全委員会では腸管出血性大腸菌 O157 やカンピロバクター属菌など細菌性食中毒を防止するためには75℃1分間以上の加熱が必要としている^{15,16)}。また、第1章でも示したが到達温度における加熱温度管理についてのエビデンスは不明であり、到達温度での温度管理方法が安全であるか検証することに意義はあるといえる。

一方、食中毒は一般的に夏季に起こりやすいとされ、カンピロバクター菌属やサルモネラ菌属は、冬季よりも夏季の方が高検出率との報告もある²⁸⁾ 特に食肉などは加工の段階から付着している菌数に違いがあると考えられる。そのため購入時期による食材の衛生状態を調査することは重要である。

本章では、到達温度における加熱温度管理が、衛管マニュアルと同等の殺菌効果をもたらすかについて、培養法を用いて検討を行った。また併せて食材の購入時期の違いによる衛生状態についても検討を行い、到達温度での加熱温度管理方法が食品衛生上安全な手法であるか明らかにすることを目的とした。

II. 方法

1. 供試検体

2021 年 9 月および 12 月に京都府京都市内の業務用食品販売業者および 2022 年 4 月に愛知県名古屋市内のスーパー Y にて常時購入可能な国産鶏むねひき肉を使用した。

2. 試料調製

検体 50 g を直径 5cm 大の団子状にし、非加熱およびスチームコンベクションオーブン (FSCCWE101, (株)フジマック) を用いてスチームモード、蒸気量 100%, 庫内温度 100°C で加熱を行い、中心温度が 40°C, 50°C, 60°C, 65°C, 70°C, 75°C, 80°C および 85°C に到達した時点で加熱を終了し、試料とした。また、比較対照として、衛管マニュアルに記載のある加熱温度管理方法 (中心温度 75°C で 1 分間以上) で加熱をした試料も併せて調製した。鶏ひき肉団子は、要時まで 4°C の冷蔵庫で保存し、冷蔵庫から取り出したのち直ちに実験に供した。また実習室の気温は、室温が一定になるよう調節した。検体の中心温度は熱電対 (TMB-KS32 II / 316L-700-VX15-700, 山里産業 (株)) および温度ロガー (SK-L400T, 佐藤計量器製作所) を用いて、モニタリングを行った。また加熱後は 4°C の滅菌水中で 5 分間冷却した。サンプリングバックに、冷却後の各試料と細胞培養用 PBS 溶液 (富士フィルム和光純薬 (株)) 50 mL を加え、ストマッカー (ストマッカー E-Mix primo, アズワン (株)) で 1 分間ストマックし、試料液とした。

3. 培養法における生菌数の確認

公定法²⁹⁾である培養法を用いて一般生菌数の確認を行った。培地は、3M™ ペトリフィルム™ 生菌数迅速測定用プレート RAC プレート (スリーエムジャパン株式会社) を用いた。試料液は、細胞培養 PBS 溶液で 10 倍もしくは 100 倍に希釈した。希釈した試料 1 mL をペトリフィルム™ に接種し、スプレッターで広げゲル化したのち 36.0°C で 24 時間好気培養した。培養後形成したコロニー数をカウントし、検体 1 mL 当たりのコロニー形成単位 (CFU) を求めた。

IV. 結果

1. 到達温度によるコロニー数の違い

加熱到達温度に伴う鶏ひき肉のコロニー数の変化を表 2-1 に示した。4 月に購入したひき肉（以下、春季）について、加熱前の鶏ひき肉のコロニー数は、 $3.8 \pm 1.7 \times 10^3$ CFU/mL、到達温度 40℃では、 $2.8 \pm 1.9 \times 10^2$ CFU/mL、50℃では、 $1.6 \pm 1.3 \times 10^1$ CFU/mL、60℃ではコロニー数の平均値は 1 CFU/mL 以下となり検出限界値以下となった。また、65℃以上ではコロニーは検出されなかった。9 月に購入したひき肉(以下、夏季)では、加熱前の鶏ひき肉のコロニー数は $1.1 \pm 9.9 \times 10^5$ CFU/mL、40℃では $8.4 \pm 5.8 \times 10^3$ CFU/mL、50℃では $5.0 \pm 6.5 \times 10^1$ CFU/mL、60℃では $2.1 \pm 1.6 \times 10^0$ CFU/mL、65℃では $1.3 \pm 3.8 \times 10^1$ CFU/mL で 70℃以上ではコロニー数は検出されなかった。12 月に購入したひき肉(以下冬季)では、加熱前のひき肉のコロニー数は、 $2.3 \pm 0.6 \times 10^3$ CFU/mL で、40℃では $7.7 \pm 6.6 \times 10^1$ CFU/mL、50℃では $1.3 \pm 0.8 \times 10^1$ CFU/mL、60℃以上ではコロニーは検出されなかった。また、いずれの時期においても、75℃1 分間加熱したひき肉では、コロニーの検出はなかった。

購入時期別に比較すると、加熱前および到達温度 40℃、50℃のコロニー数では、春季および冬季と比較すると、夏季が多いことが分かった。一方で加熱前および到達温度 40℃、50℃の春季と冬季のコロニー数に差は認められなかった。また冬季では到達温度 60℃以上でコロニーが検出されなかったのに対し、春季では 65℃、夏季では 70℃以上からコロニーが検出されなかった。

表2-1 食材の購入時期および加熱到達温度による鶏ひき肉団子のコロニー数の変化

	コロニー数 (CFU/ml)		
	春季	夏季	冬季
加熱前	$3.8 \pm 1.7 \times 10^3$	$1.1 \pm 9.9 \times 10^5$	$2.30 \pm 0.6 \times 10^3$
40℃	$2.8 \pm 1.9 \times 10^2$	$8.4 \pm 5.8 \times 10^2$	$7.70 \pm 6.6 \times 10^1$
50℃	$1.6 \pm 1.3 \times 10^1$	$5.0 \pm 6.5 \times 10^1$	$1.30 \pm 0.8 \times 10^1$
60℃	< 0	$2.1 \pm 1.6 \times 10^0$	N.D.
65℃	N.D.	$1.3 \pm 3.0 \times 10^1$	N.D.
70℃～	N.D.	N.D.	N.D.

数値は平均値±標準偏差（n=3-18）を示す。N. D.=不検出

<0=検出限界値以下

2. 購入時期の違いによる温度到達時間の変化

加熱到達温度における鶏ひき肉団子の加熱時間の違いを表 2-2-1 に、比較対照として行った衛管マニュアルの加熱温度管理方法である 75℃1 分間の加熱による鶏ひき肉団子の中心温度および加熱時間を表 2-2-2 に示した。

温度到達時間については、いずれの時期においても差は認められなかった。コロニー数に差が認められた到達温度 40℃、50℃では、それぞれ春季が 4 分 29 秒±19 秒、5 分 55 秒±15 秒、夏季が 4 分 12 秒±35 秒、5 分 36 秒±18 秒、冬季が 3 分 44 秒±7 秒、5 分 38 秒±34 秒であった。また、75℃1 分間後の加熱終了温度および加熱時間は、それぞれ春季で 80.4±0.77℃、10 分 49 秒±33 秒、夏季で 79.8±0.23℃、10 分 22 秒±23 秒、冬季で 80.0±0.46℃、9 分 37 秒±46 秒であった。

表2-2-1 加熱到達温度における鶏ひき肉団子の加熱時間の違い									
	40℃	50℃	60℃	65℃	70℃	75℃	80℃	85℃	
春季	4:29 ± 0:19	5:55 ± 0:15	7:22 ± 0:28	8:14 ± 0:29	9:11 ± 0:25	10:07 ± 0:29	11:01 ± 0:58	12:39 ± 0:25	
夏季	4:12 ± 0:35	5:36 ± 0:18	6:29 ± 0:22	7:35 ± 0:21	8:29 ± 0:23	8:58 ± 1:03	10:23 ± 0:21	11:16 ± 0:52	
冬季	3:44 ± 0:07	5:38 ± 0:34	6:59 ± 0:43	7:59 ± 0:38	8:59 ± 0:11	9:59 ± 0:36	10:59 ± 0:04	11:59 ± 0:18	

数値は平均値±標準偏差（n=3-18）を示す，数値はmin:sであることを示す．

表2-2-2 75℃1分間の加熱による鶏ひき肉団子の中心温度および加熱時間

	中心温度 (°C)	加熱時間 (min:s)
春季	80.4 ± 0.771	10:49 ± 0:33
夏季	79.8 ± 0.234	10:22 ± 0:23
冬季	80.0 ± 0.462	9:37 ± 0:46

数値は平均値±標準偏差（n=9-18）を示す．

IV 考察

給食施設における加熱温度管理について衛管マニュアルでは、食中毒菌を死滅させるために中心温度が 75℃で 1 分間以上の加熱を必要としている⁸⁾。しかしながら、第 1 章で報告した調査結果より、給食施設における加熱温度管理方法は、作業の煩雑さや過剰加熱を防ぐために中心温度が 75℃1 分間以上の加熱ではなく、到達温度により管理を行っている施設が存在していることが明らかとなった²⁷⁾。

そこで本章では、到達温度を用いた加熱温度管理における食材の衛生状態について、一般生菌数を用いて検討を行った。その結果、蒸し加熱調理における鶏ひき肉団子の一般生菌数は、春季に購入した鶏ひき肉、夏季に購入したひき肉、冬季に購入したひき肉においてそれぞれ到達温度が 65℃、70℃、60℃以上で検出されなかった。食品の衛生状態を評価する場合、一般生菌数、大腸菌群数などの衛生指標菌が用いられる³⁰⁾。なかでも食品中の一般生菌数は、具体的な食中毒菌の種類は特定できないものの食品衛生法における食品別の規格基準の成分規格³¹⁾においても取り決めがなされるなど、食品の衛生状態の良否を判断する指標となっている。これらのことから、本研究では一般生菌数を用いて、衛生状態の評価を行ったところ蒸し加熱による鶏ひき肉団子の衛生状態は、到達温度における加熱温度管理でも 75℃1 分間以上と同等の加熱殺菌効果が得られる可能性が示唆された。第 1 章で行った調査において、75℃以下で管理を行っている施設は見受けられなかったが²⁷⁾、本研究の結果より鶏ひき肉団子 50g を蒸し加熱する場合においては、到達温度が 75℃以下でも加熱殺菌されている可能性が示唆された。第 1 章の調査で得られた加熱温度方法²⁷⁾はすべて衛生的に問題のない衛生管理方法であることが示された。衛管マニュアルの加熱温度管理は、食材の種類や大きさ、厚さなどの条件の記載はなくすべての食材に対して 75℃1 分間以上の加熱を推奨している。しかしながら、食材の種類によっては過剰加熱となり、焦げやパサつきの原因にもなりうることから、75℃1 分間以上の加熱方法以外でも食中毒菌の殺菌効果が得られればより美味な食事の提供に繋がると考えられる。本研究において鶏ひき肉を用いた理由として、ひき肉は、製造過程による影響や表面積が大きく空気に触れる面積も大きいと細菌が繁殖しやすいとされている^{32, 33)}。特に鶏ひき肉は、豚や牛のひき肉に比べ水分含量が多いこと³⁴⁾から細菌が繁殖しやすい。厚生労働省より発表された食中毒菌汚染実態調査では、鶏ひき肉においておよそ半数以上の検体からサルモネラ属菌が検出されたと報告している³⁵⁾。以上のことから鶏ひき肉は、食材の中

でも細菌による汚染度が高いことから、到達温度における加熱温度管理のエビデンスの一助になると考えられる。

また、食中毒は年間を通して発生するものの、特に細菌性食中毒は一般的に夏季に発生しやすいとされている³⁶⁾。加工を伴う食材は、その加工段階の衛生環境により細菌の付着数に違いがあると考えられる。そこで、購入時期の違いによる検討も行ったところ、春季および冬季に購入したひき肉と比較して、夏季に購入したひき肉の方が加熱前の一般生菌数が多いことが分かった。一方で春季および冬季では、加熱前の一般生菌数に差は認められなかった。前述したように冬季よりも夏季の方がカンピロバクター属菌やサルモネラ属菌の検出率が高いと報告しており²⁸⁾、本研究では菌の特定はしていないものの、夏季の方が一般細菌数の多いという点に関しては同様の結果となった。さらに、コロニーが検出されなくなった到達温度にも違いがあり、春季では65℃、冬季では60℃であったのに対し、夏季では70℃でコロニーが検出されなくなった。気温や湿度が高い夏季は、加工段階で細菌が増殖しやすく、鶏ひき肉中の細菌が殺菌されるまである程度の加熱温度と加熱時間が必要であったと考えられる。加熱時間においては、いずれの購入時期においても差は認められなかったが、到達温度が60℃で約6～7分、65℃で約7分30秒～8分、70℃で約8～9分の時間を要しており、中心温度を5℃上げるのに1～1分30秒程度要している。到達温度が高ければ加熱時間も長くなることから、加熱殺菌の効果が十分発揮されることが考えられる。これらのことから、到達温度で温度管理を行う場合、購入時期により食材の汚染度が変化することを留意して、衛生管理に努める必要があると考える。本研究の結果より蒸し加熱による鶏ひき肉団子においては、到達温度が70℃以上であれば、75℃1分間以上の加熱と同等の殺菌効果が得られることが分かった。さらに、第1章における実態調査の対象施設の加熱温度管理方法は、安全な方法であった可能性が示唆された。また調査で得られた加熱方法には85℃を確認してから1分間以上や85℃で90秒間といった加熱温度管理方法があったが、これらは過剰加熱であり美味性を欠く要因であると考えられる。しかしながら、本研究は、蒸し加熱における鶏ひき肉団子の衛生状態の良否を示しただけであるため、実態調査で得られた加熱温度管理方法が完全に安全な方法であったと示すためには、様々な食材や加熱方法で検証していく必要がある。

一方で加熱時間においては、購入時期の違いによる差は認められなかった。本研究では対照群として、衛管マニュアルの加熱温度管理方法である中心温度75℃を確認し

てから 1 分間加熱を行い、その加熱終了温度と総加熱時間を記録した。いずれの時期においてもコロニーは検出されず、衛生状態は良好であった。75℃を確認してから 1 分後の温度はいずれの時期においてもおおよそ 80℃であり、3 クールとも到達温度 80℃の加熱時間は 10 分程度となったことから、75℃1 分間以上の加熱と到達温度 80℃は同等な加熱温度管理であったことが分かった。

以上のことから、到達温度での加熱温度管理について検討を行ったところ、蒸し加熱における 50g の鶏ひき肉団子は、70℃に到達した時点でひき肉中の細菌は殺菌されており、衛生状態は良好であった。本研究で用いた鶏ひき肉団子について、75℃以下の加熱温度管理でも衛生状態が良好であったことは、過剰加熱を防ぐことでより味な食事提供が可能となることを示唆することができた。しかしながら購入時期について、加熱前の鶏ひき肉は、夏季の方が細菌数は多いため、到達温度で管理を行う場合は、購入時期によって衛生状態が変化することを留意する必要があると考えられる。

本章の研究の限界として 3 つ挙げられる。まず 1 つめは、限定的な加熱方法であったことである。本研究ではスチームコンベクションオーブンをを用いて蒸し加熱を行った。蒸し加熱は、100℃以上は温度が上がらないため、コンビモードやオーブン加熱より低い温度で加熱することから、加熱時間が長くなると考えられる。本研究の結果より食材そのものの菌数が多いと殺菌される温度や加熱時間が長くなることが分かった。これらのことから、100℃よりも高い温度で加熱した場合は、到達温度までの加熱時間は短くなると考えられるが、衛生状態の良否は不明であるため、加熱方法の違いによる比較を行う必要がある。2 つめは、限定的な食材であったことである。鶏ひき肉は細菌による汚染度が高いが、鶏ひき肉以外の様々な食材についても検討を行う必要がある。3 つめは、本研究では、鶏ひき肉の衛生状態を一般生菌数でしか評価していない。そのため食材の衛生状態を強化するためには大腸菌など一般生菌数以外の衛生指標菌についても確認を行う必要がある。今後は、加熱方法を変え、鶏ひき肉以外の食材についても検討を行う予定である。

V. まとめ

本章では、蒸し加熱調理における鶏むねひき肉団子の衛生状態について、到達温度における加熱温度管理が、衛管マニュアルと同等の殺菌効果をもたらすか検討を行った。また併せて、購入時期の違いによる衛生状態についても検討を行い、衛生上安全

である到達温度の確認を行った。その結果、本研究に用いた鶏むねひき肉団子では、いずれの購入時期においても到達温度が70℃以上であれば、一般生菌は検出されなかった。購入時期の違いについては、春季および冬季では、購入時点での汚染度が夏季よりも低かったことから70℃以下でも一般生菌は不検出となった。

以上のことから鶏むねひき肉団子の加熱温度管理は、到達温度による方法でも衛生状態が保証可能であることが分かった。しかしながら、本研究は、限定的な食材および限定的な加熱方法であるため、加熱方法や食材の種類を変えて検討する必要がある。

第3章 給食施設における ATP 測定法を用いた 加熱調理後食品の衛生状態確認の試み

I. 緒言

第1章および第2章では、給食施設における加熱温度管理の実態およびその検証を行った。検証実験では、限定的な食材および加熱方法ではあるが、到達温度においても衛生状態は担保されていることが分かった。しかしながら、季節ごとに加熱前の食材の衛生状態に違いがあり、到達温度を用いて衛生管理を行う場合その点に留意する必要がある。そのため、食事の提供前に食品中に付着している菌数を定期的に検査し、衛生状態を確認することで食中毒を予防できる可能性がある。

第2章の検証実験では、公定法である培養法²⁹⁾を用いて一般生菌による、衛生状態の確認を行った。食品の衛生状態を評価する場合、一般生菌数、大腸菌群数などの衛生指標菌が用いられる。なかでも食品中の一般生菌数は、食品衛生法における食品別の規格基準の成分規格³¹⁾においても取り決めがなされるなど食品の衛生状態の良否を判断するのに有用である。しかしながら、培養法は、 $35 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ で 48 ± 2 時間の培養が必要であり、検査には長時間を要することに加え、培養器などの専用の設備が必須である²⁹⁾ことが課題である。そのため、給食施設において日常的に培養法を用いて、衛生状態を確認するには簡便であるとは言い難い。

給食施設における衛生検査は、業務に支障をきたさないよう手間がかからず、さらに食中毒を未然に防ぐためにも迅速に検査結果が得られることが求められる。現在、給食施設での簡易衛生検査として使用されている方法に ATP（アデノシン三リン酸）ふき取り検査法がある³⁷⁾。ATP ふき取り検査法は、ホタルルシフェラーゼ反応を用いて、食品残渣や微生物由来の ATP を高感度に検出できるため、短時間かつ簡便に衛生状態を可視化できる³⁷⁾。しかしながら、その対象は主に手指や調理台などであり、食品の衛生状態を確認するためには用いられていない^{38, 39)}。ATP 法を用いて食品中の衛生状態を評価するためには、微生物由来の ATP のみを検出する必要があるが、市販検査キットを用いることにより付着していた生菌数を数値化することができる^{37, 40)}。すなわち、この市販検査キットを用いて ATP 量から食品中の衛生状態を確認することができれば迅速に検査結果が得られると考えられる。しかしながら、ATP 測定法が食品の衛生状態の良否を判断する方法として有効であるという報告は少なく⁴¹⁾、また食品

中の一般生菌数の測定方法として有効かどうかは不明である。

そこで本章では、ATP 測定法から得られた ATP 量と、公定法である培養法²⁹⁾で得られた一般生菌数を比較し、ATP 測定法が給食施設における加熱調理後食品の衛生状態の評価に活用できるか検討することを試みた。

II. 方法

1. 供試検体

2020 年 11 月に愛知県名古屋市内のスーパーHにて常時購入可能な国産鶏むねひき肉を使用した。

2. 試料調製

検体 50 g を直径 5cm 大の団子状にし、加熱前（0 秒）および水道水を電磁調理器（卓上 IH 調理器 KZ-PH33, パナソニック（株））を使用して沸騰させ 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300, 480 秒間ボイル加熱した。加熱中は、微沸になるよう中火または弱火に調節した。加熱中は、防水型デジタル温度計（SN3000, （株）熱研）を用いて、検体の中心温度の測定を行った。また、比較対照として、中心温度 75℃を確認してから 1 分間加熱を行った（以下 75℃ 1 分間）。加熱後は、直ちに加熱を止めるためにウォーターバス（低温恒温槽 CTB-2, アズワン（株））を用い 4℃の水中で 5 分間冷却した。サンプリングバックに、冷却後の各試料と細胞培養用 PBS 溶液（富士フイルム和光純薬（株））50 mL 中を加え、ストマッカー（ストマッカーE-Mix primo, アズワン（株））で 1 分間ストマックした。

3. ATP 測定装置による ATP 濃度の確認

調製した試料は、細胞培養用 PBS 溶液を用いて 50 倍に希釈し測定に供した。ATP 量は、ルシフェール HS セット（キッコーマンバイオケミファ（株））を用い、指示書⁴²⁾に従い生じた相対発光量 Relative Light Units(RLU)をルミノメーター（ルミテスターC-110, キッコーマンバイオケミファ（株））により測定し、ATP 濃度に換算した。

本検査キットは、ルシフェラーゼ反応を利用した ATP 測定の 1 つで、ATP を分解し消去できる試薬と ATP 抽出試薬のキットである。微生物などは細胞内に ATP が含まれており、食品や食品残渣には細胞外に ATP が含まれているため、細胞外の ATP を除去し、細

胞内の ATP を測定することにより，微生物の生菌数を測定することができる⁴²⁾。

4. 培養法における生菌数の確認

比較対照として公定法である培養法を用いて一般生菌数の確認を行った。培地は，3M™ ペトリフィルム™生菌数迅速測定用プレート RAC プレート（スリーエム ジャパン株式会社）を用いた。試料は，細胞培養 PBS 溶液で 10 倍もしくは 100 倍に希釈した。希釈した試料 1 mL をペトリフィルム™に接種し，スプレッターで広げゲル化したのち 36.0℃で 24 時間好気培養した。培養後形成したコロニー数をカウントし，検体 1 mL 当たりのコロニー形成単位（CFU）を求めた。

5. 統計解析

統計解析には，統計ソフトの Graphpad Prism7.03（GraphPad Software Inc. USA）を用いた。加熱時間による ATP 濃度の比較は，一元配置分散分析を用い，Tukey 法により多重比較検定を行った。ATP 濃度とコロニー数の関連を，spearman の相関関係を用いて解析した。有意水準は，5%未満（両側測定）とした。

Ⅲ. 結果

1. 加熱による鶏ひき肉の ATP 濃度の変化

加熱時間に伴う鶏ひき肉の ATP 濃度の変化を図 3-1 に示した。加熱前の鶏ひき肉の ATP 濃度は、 $2.12 \pm 0.21 \times 10^{-7} \text{ M}$ で、60 秒後には、 $0.68 \pm 0.07 \times 10^{-7} \text{ M}$ となった。加熱時間の経過とともに経時的に ATP 濃度の減少がみられたが、加熱開始 270 秒後で $0.13 \pm 0.02 \times 10^{-7} \text{ M}$ 、300 秒後で $0.11 \pm 0.004 \times 10^{-7} \text{ M}$ 、480 秒後で $0.10 \times 10^{-7} \text{ M}$ となり、加熱開始 270 秒後以降 $0.11 \times 10^{-7} \text{ M}$ 付近から減少することはなかった。加熱終了後の鶏ひき肉の中心温度は、270 秒で 30.1°C 、300 秒で 31.5°C 、480 秒では 57.7°C であった。 75°C を確認後 1 分間の加熱後の ATP 濃度は、 $0.11 \pm 0.06 \times 10^{-7} \text{ M}$ で加熱に要した時間は 11 分 30 秒であった。また、 75°C 1 分間と 270~480 秒の試料における ATP 濃度の結果を図 3-2 に示したが、試料間の差は認められなかった。

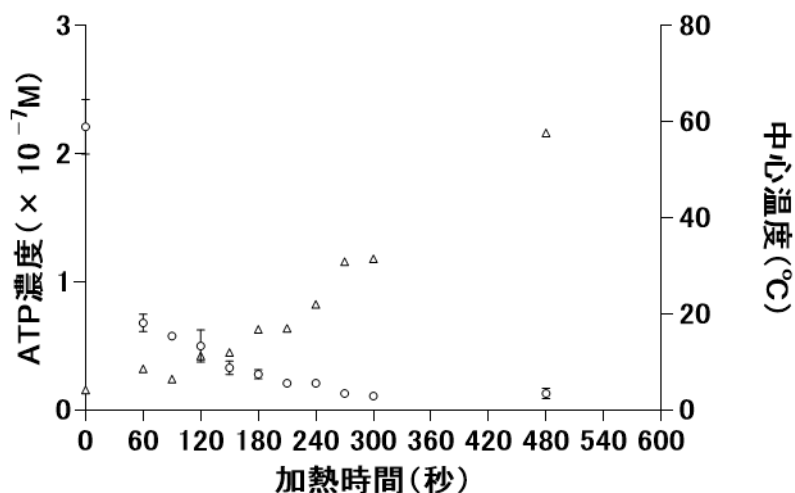


図 3-1 加熱時間による鶏ひき肉中の ATP 濃度および中心温度の変化

ATP 濃度の数値は平均値 $\pm$ 標準偏差 (n=3)

○ATP 濃度 △中心温度

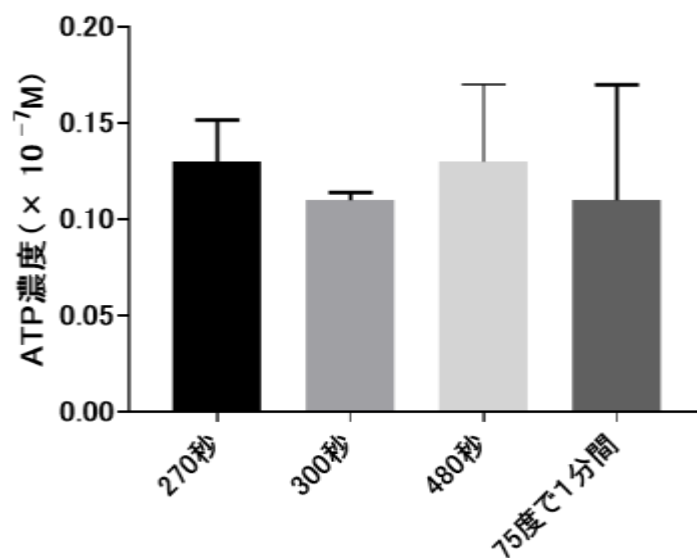


図 3-2 加熱時間による鶏ひき肉中の ATP 濃度の比較

試料間の比較は一元配置分散分析の後, Tukey 検定により多重比較を行ったが, 試料間に有意な差は認められなかった。

数値は平均値 $\pm$ 標準偏差 (n=3) ($p>0.05$)。

2. 培養法による鶏ひき肉のコロニー数の確認

加熱時間に伴う鶏ひき肉中のコロニー数の変化の結果を図 3-3 に示した。加熱前の鶏ひき肉中の一般生菌数は $2.1 \pm 0.3 \times 10^3$ CFU/mL で、加熱時間に伴って減少が認められた。120 秒後には、 $1.3 \pm 0.3 \times 10^3$ CFU/mL となり、150 秒後には $1.1 \pm 0.3 \times 10^3$ CFU/mL となり、加熱前のおおよそ半分となった。さらに 480 秒以降ではコロニーは検出されなかった。

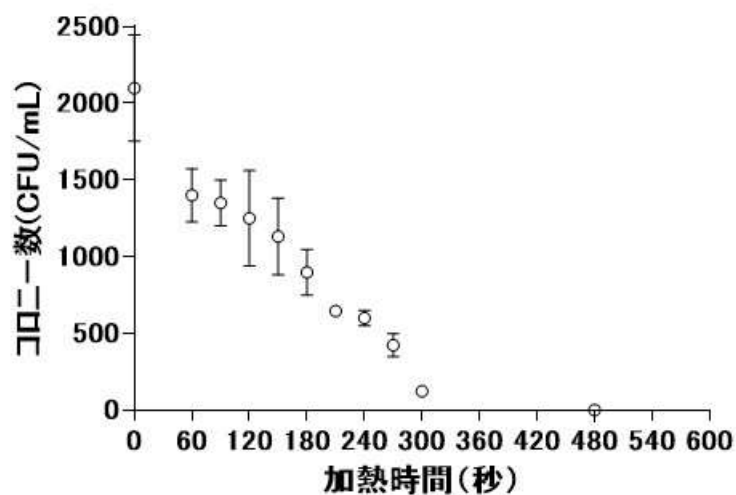


図 3-3 培養法による鶏ひき肉中のコロニー数の変化
数値は平均値±標準偏差 (n=3)

3. 鶏ひき肉中の ATP 濃度と培養法によるコロニー数との比較

ATP 測定法について、一般生菌数の指標として有効であるか確認を行うために、培養法により検出されたコロニー数と ATP 濃度との関係を解析しその結果を図 3-4 に示した。ATP 測定法で得られた鶏ひき肉中の ATP 濃度と培養法で得られた鶏ひき肉中のコロニー数とともに、加熱時間の経過とともに経時的に減少が認められ、ATP 濃度とコロニー数には相関関係が認められた（図 3-4、 $p<0.0001$ 、 $r=0.9756$ ）。

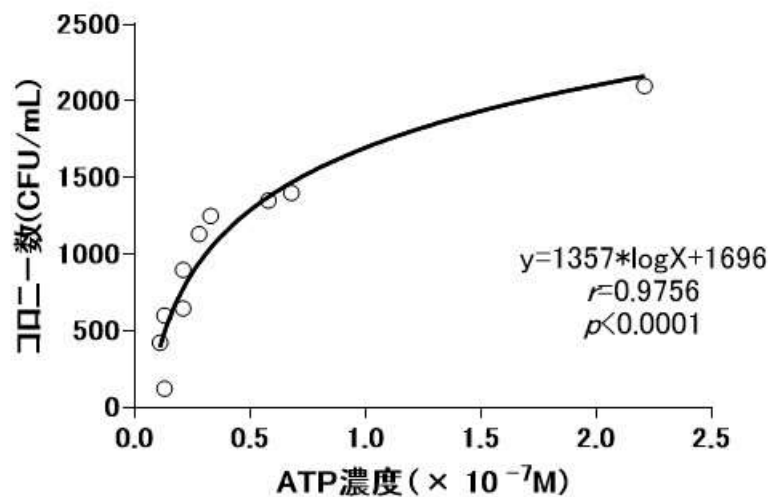


図 3-4 鶏ひき肉中の ATP 測定法および培養法による結果との相関

ATP 濃度とコロニー数の関連は spearman 相関係数を算出した($p<0.05$)。

IV. 考察

近年では、給食施設における衛生検査として、ホタルルシフェラーゼ反応を用いた ATP ふき取り検査法が用いられている^{37, 43)}。ATP ふき取り検査法の利点は、迅速かつ簡便に手指や調理器具、調理台に付着した微生物と食品残渣を ATP の総和として数値化することができることである⁴⁴⁾。手指や調理器具などに付着していた食品残渣は、菌の増殖リスクを高め、衛生状態を悪化させる要因になり得るため、食品残渣を検出することで清浄度をより強化することができる。すなわち、従来の ATP ふき取り検査法では、食品由来の ATP も含まれているため、加熱調理後の食品の細菌汚染度のみを評価することはできない。加熱調理後の食品の細菌汚染を評価するためには、食品由来の ATP を除去する必要がある。そこで、食品や食品残渣に含まれる細胞外 ATP を分解できる市販試薬キット（ルシフェール HS セット）を使用して、酵素処理^{40, 45)}を行ったのち食品に付着した微生物中の生細胞内 ATP 濃度を測定した。また市販キットを用いた ATP の測定が食品中の一般生菌数を測定する方法として有効であるか検証するために、公定法である培養法の結果と比較を行った。第 2 章にも示したが、鶏ひき肉は、食材の中でも汚染度が高く、衛生指標の一助となるため、本章でも鶏ひき肉を用いた。

ATP 測定法と培養法を比較したところ $r=0.9756$ と高い相関が認められた。また ATP 測定法と培養法の両測定法が相関することについては、すでに報告があり⁴⁶⁻⁴⁸⁾、本研究においても同様の結果が得られた。加熱前の試料中の ATP 濃度は $2.12 \times 10^{-7} \text{ M}$ で、加熱開始 60 秒後には $0.68 \times 10^{-7} \text{ M}$ となり ATP 濃度は半減していた。その後、加熱時間の経過とともに経時的に ATP 濃度の減少が認められたが、加熱開始 270 秒以降の ATP 濃度は、 $0.11 \times 10^{-7} \text{ M}$ 付近から減少することはなく加熱を終了した 480 秒後および 75°C 1 分間加熱した試料においても ATP の存在が認められた。また加熱開始 270 秒後、480 秒後の試料の中心温度は、それぞれ 30.1°C 、 57.7°C であり、中心温度の差が 20°C 以上あるにも拘らず ATP 濃度に有意な差は認められなかった。培養法においても、ATP 濃度の結果と同様に、加熱時間の経過とともに経時的にコロニー数は減少し、加熱開始 270 秒後、300 秒後の試料からは生菌が $4.2 \pm 0.8 \times 10^2 \text{ CFU/mL}$ 、 $1.3 \pm 0.1 \times 10^2 \text{ CFU/mL}$ 検出された。これらのことから加熱開始 300 秒よりも加熱時間の短い試料においては、食品に付着した微生物が死滅せず残存していた可能性が示唆された。一方で加熱開始 480 秒後の試料では中心温度が 75°C に達していなかったが、コロニーは検出されていないため、微生物はすべて死滅していたと考えられる。第 2 章の結果においては、冬季に購入したひき肉では到達温度 60°C 以上であれ

ばコロニーの検出は認められなかった。本章で用いたひき肉は冬季に購入しており、加熱開始から 480 秒後の中心温度は 57.7℃であったため、第 2 章と類似の結果となった。また衛管マニュアルに記載のある 75℃1 分間の加熱を行った場合においても、コロニーの検出は認められなかった。培養法の結果と併せると加熱開始 270 秒後、300 秒後の試料の ATP は、微生物由来の ATP も含まれていたと考えられる。しかしながら、75℃で 1 分以上の加熱は、本来であれば耐熱性菌を除くほとんどの微生物は死滅する温度帯であり、また 75℃で 1 分以上加熱した試料および加熱開始 480 秒後の試料のいずれにもコロニーは認められなかったことから、検出された ATP は、微生物由来以外の ATP である可能性が示唆された。

検出された ATP について、死滅した微生物中の ATP は、速やかに消失されるため⁴⁹⁾、死滅菌の影響の可能性は低い、食肉中の細胞内外にも ATP が含まれている可能性があるため⁵⁰⁾、それらが消去しきれず測定に影響を与えた可能性がある。いずれにせよ食品中の ATP が完全に消去できなければ、一般生菌数の値とはいえない。しかし上記にも示したように ATP 測定法と培養法には高い相関性が認められている。冷凍ケーキを用いた先行研究において一般生菌数の確認方法として ATP 測定法が有効であるとの報告もある⁴¹⁾。これらの報告には、食品に含まれる ATP の残存についての記載はなかったが、本研究で用いた食品では、食品中に含まれる ATP の残存の可能性が示唆されたため、ATP 測定法を食品中の衛生指標とするためには、残存している食品由来の ATP をバックグラウンドとして取り扱う必要がある。今後は、食品によってどの程度食品由来の ATP が残存するのか検討する必要がある。

さらに、加熱開始 480 秒後の試料は中心温度が 75℃に到達していないにも関わらず、培養法においてもコロニーは確認されず、75℃で 1 分以上加熱した検体と ATP 濃度に有意な差はなかった。第 2 章と同様に、中心温度が 75℃未満であっても、食材によっては微生物が死滅できている可能性がある。これまで給食施設の衛生管理は、衛管マニュアルを基本に行ってきたが、長時間の加熱による品質の変化^{14, 50-52)}や食中毒が発生していることを踏まえると^{53, 54)}、ATP 測定法によってその場で簡便かつ迅速に食品の衛生状態を確認することができればもう少し柔軟に加熱温度管理を行うことが可能になり、さらに食中毒事故を未然に防ぐことができると考えられる。

そして、一般生菌数以外にも大腸菌なども衛生指標菌のひとつであることから、培養法における大腸菌数と ATP 測定法との相関性を確認し、迅速かつ手軽に衛生状態を強化でき

る一助になるよう検討していく必要がある。

ところで、今回検討した方法を実際の給食施設現場で衛生管理に用いるためには、設備導入や試薬購入などのコスト管理が重要となってくる。ATP 量を測定するためには、方法でも示したがストマッカーやルミノメーターといった機器が必要である。本研究で用いた機器の場合の総額は定価で約 90 万円（ストマッカー：約 25 万円⁵⁵⁾、ルミノメーター約 62 万円⁵⁶⁾）である。また、検体を測定するためには測定試薬以外にもストマックの際に使用するサンプルバックが必要になってくる。その費用は 1 検体あたり約 450 円程度^{42,57,58)} かかるため、決して低コストとは言えない。しかしながら、大きな機器を使用しないため省スペースで検査が行えることに加え、ATP 量の測定結果が出るまでに要する時間は 30 分～1 時間弱であることから、提供前に結果を得ることができるため食中毒の発生を予防できることが最大のメリットである。機器の導入や検体の検査費用など、コストの面では従来の検査方法の方が抑えられるかもしれないが、給食施設において安全で美味しい食事提供をするためには衛生管理は、最重要事項と考える。

本研究の限界として次の 3 つが挙げられる。1 つめは、前処理により食品由来の細胞外の ATP は、ATP 消去剤で消去しているが、すべて消去することは難しく、ある程度残ってしまう点が挙げられる。また、食材によっては細胞内にも ATP が存在し、加熱処理によりどの程度 ATP が消失するか不明である。そのため食品の中心部分まで加熱がされていても ATP が RLU 値として検出されてしまうため、残存している ATP から検出された RLU 値を限界 RLU 値とし各食材の限界 RLU 値を決めておく、もしくはろ過などによる前処理方法の検討が必要である。2 つめは、本実験では、限定的な食材、加熱方法であったことである。今後は、様々な食材および加熱方法でも確認する必要がある。3 つめは、本実験では、鶏ひき肉の衛生状態を一般生菌数でしか評価していない。そのため食材の衛生状態を強化するためには大腸菌など一般生菌数以外の衛生指標菌についても確認を行う必要がある。

V. まとめ

本章では、ATP 測定法から得られた ATP 濃度と、公定法である培養法で得られた一般生菌数を比較し、ATP 測定法が給食施設における加熱調理後食品の衛生状態の評価に活用できるか検討した。その結果、従来の培養法における一般生菌数と ATP 測定法では、高い相関関係が認められたことから、鶏ひき肉中の衛生状態を測定する方法として有効である可

能性が示唆された。しかしながら、微生物由来のみの ATP を測定するためには、食品由来の ATP を完全に消去する必要があるが、前処理において完全に消去することは困難であった。これらのことから、前処理によって残存してしまった食品由来の ATP の一部をバックグラウンドの値としてどう扱うか検討を行うことが必要である。ATP 測定法は、測定結果を提供前に得ることが可能であるため、バックグラウンドの取扱いを明確にすることができれば、新たな衛生検査の方法として活用できると考えられる。

総括

本研究は、給食施設における衛生管理の1つである加熱温度管理に着目し、安全で衛生的でかつ美味しい食事提供を実現するために、衛生管理の実態と新たな加熱温度管理方法を検討したものである。

第1章では、近畿地域および愛知県内の給食施設における加熱温度管理の実態調査と衛管マニュアルに対する意識調査を行い、その分析を行った。その結果、温度管理方法については、衛管マニュアルを遵守している施設とそれ以外の方法で行っている施設が同割合存在することが分かった。衛管マニュアル以外の加熱温度管理方法としては、ある温度に達したら加熱を終了するといった「到達温度」で管理をおこなっている施設が全体の約4割であった。また衛管マニュアルにおける加熱温度管理方法に対する意識調査では、すべての施設の回答者が、重要であると回答した一方で約4割の施設の回答者は衛管マニュアルに則った加熱温度管理方法に煩わしさを感じていることが明らかとなった。これらの結果より、「到達温度」における衛生管理の検証をするとともに作業効率を損なわず衛生的でより美味しい食事提供につながるよう衛管マニュアル以外の加熱温度管理方法の必要性を提示した。

第2章では、1章での実態調査の結果を受け、約4割の施設で実施されていた「到達温度」での加熱温度管理について、その方法が衛生的であるか鶏ひき肉を用いて培養法により検証をおこなった。その結果、到達温度が70℃以上であれば一般生菌のコロニーは検出されなかった。さらに、購入時期によって鶏ひき肉の汚染度が異なり、夏季に購入した場合の細菌汚染度が最も高かった。第2章では、限定的な食材および加熱方法であったため、様々な食材や加熱方法で検討する必要があるが、「到達温度」での衛生管理でも衛生状態は担保される可能性を見出した。

第3章では、2章の検証結果を受け、衛生状態が担保される温度は季節ごとに変化する可能性があることから、すぐにその場で食材の衛生状態を簡単に評価することができれば、より安全で衛生的かつ美味しい食事提供ができると考え、衛生状態を迅速に評価できる新たなツールの必要性について提示した。衛生状態を迅速かつ簡便に確認できる方法として、ATP測定法が活用できるか検討を行った。本研究も第2章と同様に食材は鶏ひき肉とし、加熱方法はボイルとした。その結果ATP測定法と培養法には相関が認められたため、ATP測定法は、衛生状態の評価を行う新たなツールとして利用できる可能性を示唆した。とこ

ろが、コロニーが検出されなかった試料においても ATP が検出され、細胞外の ATP がすべて除去できなかった可能性があり、除去できなかった ATP をバックグラウンドとして取り扱う必要性を示した。今後は、このバックグラウンドについて検討する必要があるが、給食施設における食中毒の発生状況を鑑みると、ATP 測定法は、迅速かつ簡便にできる測定法であることから柔軟な温度管理が行えるとともに、提供する食品の衛生状態をさらに強化する新たなツールとして提案した。

本研究は、給食施設における加熱温度管理の実態を明らかにするとともに、「衛管マニュアル」以外での衛生管理方法の一つである「到達温度」での加熱温度管理方法でも衛生状態が担保されることを見出した。今後は、調査地域の拡充を図り、給食施設における「加熱温度管理」の詳細な実態を明らかにするとともに、作業効率を損なわずより美味な給食提供を行うために様々な食材および加熱方法における「到達温度」による衛生管理の可能性を検討することが望まれる。また食中毒の予防をさらに強化するために新たなツールとして ATP を用いた方法を提示したが、バックグラウンドの取扱いなど課題が残されたため、これらについて検討が望まれる。

謝辞

稿を終えるにあたり，本研究のご指導をいただいた指導教員の朝見祐也教授に深甚なる謝意を表します。また，研究への貴重なご意見およびご指導をいただきました副指導教員の石原健吾教授，神戸女子大学家政学部甲斐達男教授，神戸学院大学栄養学部伊藤智助教に深謝いたします。

さらに，本研究の質問紙調査を実施するにあたり，質問紙調査にご回答いただいた滋賀県，京都府，大阪府および愛知県内の給食施設の皆様，質問紙作成にご助力いただいた龍谷大学大学院農学研究科修士課程修了生の澤田歩実様に深謝いたします。

最後に，研究を進めるにあたり，助言のみならず励ましの言葉をいただきました農学研究科の先生方，そして給食経営管理学研究室の学生と修了生・卒業生の皆様にも御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 厚生労働省：政府統計窓口食中毒統計調査, <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00450191&tstat=000001040259&cycle=7&tclass1=000001040260&tclass2val=0>, (2020-12-21)
- 2) 青木るみ子, 山崎正幸, 朝見祐也：食中毒統計調査結果（2000～2018年）を用いた給食施設における食中毒発生状況の現状分析, 日本栄養士会雑誌, 64, 269-280 (2021)
- 3) 山部透子：給食施設の現場における衛生管理の現状と課題, 臨床栄養 107, 40-44, (2005)
- 4) 金井美恵子：集団給食における食の安全性, 日本食生活学会誌, 30, 3-8, 2019.
- 5) 川井英雄：腸管出血性大腸菌, カンピロバクター, ノロウイルスによる食中毒の発生状況と予防対策, 日本食生活学会誌 23, 33-38 (2012)
- 6) 厚生労働省：HACCP,
https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/shokuhin/haccp/index.html
(2022-5-25)
- 7) 厚生労働省：HACCP に沿った衛生管理の制度化
<https://www.mhlw.go.jp/content/11130500/000662484.pdf>
厚生労働省：大量調理施設衛生管理マニュアル, <https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11130500-Shokuhinanzendu/0000168026.pdf> (2022-5-25)
- 9) 厚生労働省：食品衛生法等の一部を改正する法律の施行に伴う集団給食施設の取扱いについて, <https://www.mhlw.go.jp/content/11130500/000781466.pdf> (2022-11-15)
- 10) 樽井雅彦：大量調理施設における衛生管理の効率化と経営, 危険と管理, 43, 165-181, (2012)
- 11) 朝見祐也, 大野友峰子, 伊藤智, 他：京都府及び滋賀県内の給食施設における衛生管理の現状に対する考察, 日本給食経営管理学会誌, 4, 7-15 (2010)
- 12) 酒井昇：食品加熱操作における熱・水分移動・反応の工学的研究, 日本食品工学会誌, 19, 57-78 (2018)
- 13) 右田正男：蛋白質と調理(V)—肉の加熱による変化(2)—, 調理科学, 2, 92-97 (1969)
- 14) 貝田さおり, 玉川雅章, 渋谷祥子：牛肉の熱板焼き調理における最適加熱条件, 日本家政学会誌, 50, 147-154 (1999)
- 15) 食品安全委員会：食品健康影響評価のためのリスクプロファイル～牛肉を主とする食肉

中の腸管出血性大腸菌～, http://www.fsc.go.jp/sonota/risk_profile/risk_ushi_o157.pdf,
(2021-1-18)

16) 食品安全委員会：食品健康影響評価のためのリスクプロファイル～鶏肉等における
Campylobacter jejuni/coli～

http://www.fsc.go.jp/risk_profile/index.data/180508CampylobacterRiskprofile.pdf, (2021-1-

17) 厚生労働省：食肉の加熱条件に係る補足資料, https://www.fukushihoken.metro.tokyo.lg.jp/shokuhin/hyouka/files/r1/hyouka1/05_tenpu2.pdf, (2021-1-18)

18) 厚生労働省医薬食品局食品安全部長：「大量調理施設衛生管理マニュアル」の改正について(平成 20 年 6 月 18 日)(食安発第 0618005 号)新旧対照表食安発第 0618005 号,
https://www.japal.org/wp-content/uploads/mt/20080618_0618005.pdf, (2020-12-21)

19) 厚生労働省医薬食品局食品安全部長通知(食安発第 518001 号, 平成 24 年 5 月 18 日) 「大量調理施設衛生管理マニュアル」の改正について,

https://www.mhlw.go.jp/web/t_doc?dataId=00tb8396&dataType=1&pageNo=1 (2021-8-22)

20) 厚生労働省医薬食品局食品安全部長通知(食安発第 1022 第 10 号, 平成 25 年 10 月 22 日)：「大量調理施設衛生管理マニュアル」の改正について,

https://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/iyaku/syoku_anken/gyousei/dl/131106_02.pdf
(2021-8-22)

21) 厚生労働省医薬・生活衛生局生活衛生・食品安全部長通知(生食発 0701 第 5 号, 平成 28 年 7 月 1 日)：「大量調理施設衛生管理マニュアル」の改正について,
<https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11130500Shokuhin-zenbu/0000130493.pdf> (2021-8-22)

22) 厚生労働省医薬・生活衛生局生活衛生・食品安全部長通知(生食発 1006 第 1 号, 平成 28 年 10 月 6 日)：食品衛生法施行規則の一部改正する省令及び食品、添加物等の企画基準の一部を改正する件について,
<https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11130500-Shokuhin-zenbu/0000139150.pdf> (2021-8-22)

23) 小林敦子, 三明清隆, 杉山雅昭, 他：鶏ムネから揚げ調理における異なる加熱条件が肉の構造変化に及ぼす影響, 平成 21 年度日本調理科学会大会研究発表要旨集, 1020(2009)

24) 飯田文子：牛肉ロースの食味性, 日本調理科学会 50, 85-90 (2017)

25) 香西みどり：野菜の食味と加熱, 日本食生活学会誌 17, 100-104 (2006)

- 26) 渋谷祥子：スチームコンベクションオーブン，日本調理科学会誌，35106-107（2002）
- 27) 加藤美穂，澤田歩実，伊藤智，その他：給食施設における食品加熱温度管理の現状－近畿および愛知県，給食経営管理学会誌，16，26-34（2022）
- 28) 重村久美子，松田正法，麻生嶋七美他：市販生食用鶏肉のカンピロバクター，サルモネラ，リステリア・モノサイトゲネスおよびアルコバクター汚染と推定大腸菌数の検討，日本食品微生物学会雑誌，31，171-175（2014）
- 29) 厚生労働省：第9版食品添加物公定書，
<https://www.mhlw.go.jp/content/11130500/000641289.pdf>（2021-11-1）
- 30) 名塚英一，川本伸一：野菜・果実の加工品における衛生管理，日本食品微生物学会雑誌，3，129-136（2006）
- 31) 厚生労働省：食品別の規格基準について，
https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/shokuhin/jigyousya/shokuhin_kikaku/index.html（2022-5-25）.
- 32) Rose BE, Hill WE, Umholtz R, Ransom GM, James WO: J Food Prot, 65, 937-947, 2002.
- 33) Roy P, Dhillon AS, Lauerman LH, Schbert DM, Bandli D, Johnson S : Avian Dis, 46, 17-24, 2002.
- 34) 八訂 食品成分表 2022：女子栄養大学出版
- 35) 厚生労働省：平成30年度 食中毒菌汚染実態調査
<https://www.mhlw.go.jp/content/000503167.pdf>（2022-5-25）
- 36) 厚生労働省:令和3年 食中毒発生状況
<https://www.mhlw.go.jp/content/000912971.xlsx>（2022-7-3）
- 37) 場家幹雄，佐藤昇良，鈴木繁哉，他：総アデニレート（ATP+ADP+AMP）を指標とする新規な清浄度検査（A3法）の開発，医療機器学，88，357-363（2018）
- 38) 青山高，勝亦奈緒美，鈴木玲，その他：拭き取りアデノシン三リン酸検査法を用いた病院調理場の衛生状態調査における次亜塩素酸ナトリウム水溶液およびアルコール消毒剤の影響，日本栄養士会雑誌，62，31-37（2019）
- 39) 青山高，塚原美香，黒田浩記，その他：拭き取りアデノシン三リン酸測定法を用いた病院調理場の衛生状態実態調査，日本環境感染学会誌，32，210-215（2017）
- 40) 村上成治，辰巳宏樹，梶山直樹，その他：ホタルルシフェラーゼの応用開発，日本農

芸化学会誌, 78, 630-635 (2004)

41) 田中啓子, 竹谷光司, 工藤由起子: 解凍ケーキ中の細菌増殖抑制と迅速品質評価法の検討, 食品衛生学雑誌, 43, 323-329 (2002)

42) キッコーマンバイオケミファ株式会社: ルシフェール HS セット, <https://biochem-ifa.kikkoman.co.jp/products/detail/?id=11110> (2022-11-15)

43) 月刊 HACCP 編集: 新しい衛生管理法 ATP ふき取り検査 (改訂増補版), 鶏卵肉情報センター, 名古屋 (2009)

44) 日佐和夫, 間処博子, 本間茂: 総 ATP ふき取り法による食品加工機器の清浄度管理, 日本食品科学工学会誌, 45, 550-556 (1998)

45) Sakakibara T, Murakami S, Hattori N, et al.: Enzymatic treatment to eliminate the extracellular ATP for improving the detectability of bacterial intracellular ATP. Anal. Biochem, 250,157-161(1997)

46) Turner DE, Daugherty EK, Altier C, et al.: Efficacy and limitations of an ATP-based monitoring system. J Am Assoc Lab Anim; 49, 190-195 (2010)

47) Nescerecka A, Juhna T, Hammes F: Behavior and stability of adenosine triphosphate (ATP) during disinfection. Water Res, 15, 490-497(2016)

48) 久田友治, 太田光紀, 垣花シゲ: アデノシン三リン酸測定を用いた手術時手洗い評価の臨床的意義, 日本環境感染学会誌, 26, 83-86 (2011)

49) 古崎康哲, 榊原隆司, 菊川哲生, 他: ATP を指標とした余剰汚泥削減型活性汚泥モデルの構築, 環境工学研究論文集, 43, 411-417 (2006)

50) 沖谷明紘, 松石昌典, 西村敏英: 食肉のおいしさと熟成, 調理科学, 25, 314-326 (1992)

51) 栗津原元子, 田中佐知, 早瀬明子, 他: 加熱速度の異なる調理方法による鶏肉のうまみ成分の変化, 日本調理科学会誌, 46, 188-195(2013)

52) 原田良子, 杉山寿美, 元木万里子, 他: 加熱後の鮭, 鯖, 鶏肉の保存が水分量, 脂肪量, 官能評価に及ぼす影響, 日本家政学会誌, 62, 133-139(2011)

53) 厚生労働省: 食中毒統計資料 令和元年食中毒発生事例, <https://www.mhlw.go.jp/content/R1itiran.xlsx> (2021-11-1)

54) 厚生労働省: 食中毒統計資料 令和2年食中毒発生事例, <https://www.mhlw.go.jp/content/R2itiran.xlsx> (2021-11-1)

55) アズワン株式会社: E-Mix primo, <https://axel.as-1.co.jp/asone/d/3-3631-01/> (2022-

4-15)

56) キッコーマンバイオケミファ株式会社：ルミテスターC110, <https://biochemifa.kikkoman.co.jp/products/detail/?id=11080> (2022-4-15)

57) アズワン株式会社：E-Mix ホモジナイズバック フィルター付き, <https://axel.as-1.co.jp/asone/d/3-5406-01/?q=%E3%83%95%E3%82%A3%E3%83%AB%E3%82%BF%E3%83%BC%E4%BB%98%E3%81%8D%E3%80%80%E3%83%9B%E3%83%A2%E3%82%B8%E3%83%8A%E3%82%A4%E3%82%BA> (2022-4-15)

58) 富士フイルム和光純薬株式会社：細胞培養用 PBS 溶液, <https://labchem-wako.fuji-film.com/jp/product/detail/W01W0116-2355.html> (2022-4-15)

主論文

1. 加藤美穂, 澤田歩実, 伊藤智, 石原健吾, 朝見祐也 : 給食施設における食品加熱温度管理の現状—近畿および愛知県, 給食経営管理学会誌, 16, 26-34 (2022)
2. 加藤美穂, 伊藤智, 石原健吾, 甲斐達男, 朝見 祐也 : 給食施設における到達温度による食品加熱温度管理の可能性の検討～蒸し鶏肉団子の一般生菌数での検討～, 日本調理食品研究会, 2, 31-38(2023)
3. 加藤美穂, 伊藤智, 石原健吾, 甲斐達男, 朝見 祐也 : 給食施設における ATP 測定法を用いた加熱調理後食品の衛生状態確認の試み～蒸し鶏肉団子の一般生菌数での検討～, 日本調理食品研究会, in press