

平成28年3月22日

平成27年度レギュラトリーサイエンス新技術開発事業 研究実績報告書

課題番号：2601

高温加熱により生成する多環芳香族炭化水素類（PAH）を低減した調理法の開発

研究期間：平成26年度～平成27年度（2年間）

研究総括者名：和田 俊

試験研究機関名：日本食品油脂検査協会研究グループ

（構成機関）

公益財団法人日本食品油脂検査協会

神奈川県立保健福祉大学

目次

I. 全体計画.....	7
1. 研究目的.....	7
2. 研究内容.....	7
3. 年次計画.....	9
4. 実施体制.....	10
II. 研究実績報告	11
1. 中課題1：家庭調理モデルの設計および実験計画の策定.....	11
(1) 成果の概要.....	11
成果の詳細説明.....	14
1. 調理の特徴について.....	14
2. 分析法.....	15
2. 1 脂質抽出法.....	15
2. 2 PAH分析法.....	15
3. スクリーニング試験.....	16
3. 1 食材の選定.....	16
3. 2 調査対象品目・購入日.....	21
3. 3 試料調製方法.....	21
3. 4 加熱器具および調理器具.....	23
3. 5 食材および調理条件の詳細.....	25
3. 6 焼き方の評価.....	27
3. 7 加熱開始温度.....	27
3. 8 食材の調理の詳細.....	28
3. 9 食材のPAH15種分析結果.....	42
3. 10 考察.....	45
4. 追加スクリーニング試験 ノルウェー産さけ（国内産さけとの比較）.....	46
4. 1 調査対象品目・購入日.....	46

4. 2	試料調製方法.....	46
4. 3	加熱器具および調理器具.....	46
4. 4	食材および調理条件の詳細.....	47
4. 5	焼き方の評価.....	47
4. 6	加熱開始温度.....	47
4. 7	食材の調理の詳細.....	48
4. 8	食材の PAH15 種分析結果.....	50
4. 9	考察.....	51
5.	添加回収試験・妥当性確認・直線性・LOD および LOQ.....	52
5. 1	添加回収試験.....	52
5. 2	妥当性確認.....	53
5. 3	検量線の直線性.....	53
5. 4	LOD・LOQ.....	53
2.	中課題 2：モデル調理試験に基づく PAH の低減化の立案とその検証.....	54
	(1) 成果の概要.....	54
	成果の詳細説明.....	56
1.	各食材における脂質あたりの PAH 濃度.....	56
1. 1	魚.....	56
1. 2	豚.....	59
1. 3	牛.....	62
1. 4	鶏.....	64
1. 5	考察.....	65
2.	調理器具の比較.....	66
2. 1	調査対象品目・購入日.....	66
2. 2	試料調製方法.....	66
2. 3	加熱器具および調理器具.....	67
2. 4	食材および調理条件の詳細.....	70

2. 5	焼き方の評価.....	71
2. 6	加熱開始温度.....	71
2. 7	食材の調理の詳細.....	72
2. 8	食材の PAH15 種分析結果.....	80
2. 9	考察.....	82
3.	調味料（塩）添加の比較 食べられる限界調理.....	83
3. 1	調査対象品目・購入日.....	83
3. 2	試料調製方法.....	83
3. 3	加熱器具および調理器具.....	83
3. 4	食材および調理条件の詳細.....	84
3. 5	焼き方の評価.....	84
3. 6	加熱開始温度.....	84
3. 7	食材の調理の詳細.....	85
3. 8	食材の PAH15 種分析結果.....	86
3. 9	考察.....	87
4.	調味料（塩）添加の比較 おいしい焼き方調理.....	88
4. 1	調査対象品目・購入日.....	88
4. 2	試料調製方法.....	88
4. 3	加熱器具および調理器具.....	88
4. 4	食材および調理条件の詳細.....	89
4. 5	焼き方の評価.....	89
4. 6	加熱開始温度.....	89
4. 7	食材の調理の詳細.....	90
4. 8	食材の PAH15 種分析結果.....	91
4. 9	考察.....	91
5.	BBQ グリルの反転回数別の「おいしい焼き方」の比較.....	92
5. 1	調査対象品目・購入日.....	92

5. 2	試料調製方法.....	92
5. 3	加熱器具および調理器具.....	92
5. 4	食材および調理条件の詳細.....	93
5. 5	焼き方の評価.....	93
5. 6	加熱開始温度.....	94
5. 7	食材の調理の詳細.....	94
5. 8	食材の PAH15 種分析結果.....	96
5. 9	考察.....	97
6.	BBQ グリルでの適食限界超えの過加熱調理.....	98
6. 1	調査対象品目・購入日.....	98
6. 2	試料調製方法.....	98
6. 3	加熱器具および調理器具.....	98
6. 4	食材および調理条件の詳細.....	99
6. 5	焼き方の評価.....	99
6. 6	加熱開始温度.....	99
6. 7	食材の調理の詳細.....	100
6. 8	食材の PAH15 種分析結果.....	102
6. 9	考察.....	102
7.	官能評価 ノルウェー産さけ.....	103
7. 1	調査対象品目・購入日.....	103
7. 2	試料調製方法.....	103
7. 3	加熱器具および調理器具.....	103
7. 4	食材および調理条件の詳細.....	103
7. 5	焼き方の評価.....	104
7. 6	加熱開始温度.....	104
7. 7	食材の調理の詳細.....	105
7. 8	官能評価方法.....	105

7. 9 官能評価結果.....	107
3. 中課題3：消費者向けの助言の検討.....	108
(1) 全体計画の概要.....	108
参考文献.....	111
Ⅲ. 主要な成果.....	112
Ⅳ. 論文、特許等の実績および推進会議の開催状況等.....	(別紙)
Ⅴ. 研究統括者による自己評価.....	113

I. 全体計画

1. 研究目的

多環芳香族炭化水素類（PAH）は、食品を高温で加工調理した際に、食品に含まれる成分等が化学反応を起こすことで非意図的に生成する有害化学物質である。特に脂肪を多く含む肉類や魚類を直火加熱した際に生成しやすいことが知られている。

PAH の一部の分子種はヒトに対して発がん性があると考えられており、食品を通じた暴露を減らすため、食品中の PAH をできるだけ低減する取組が世界的に進められている。

国内では、調理食品中の PAH 濃度に関する情報はほとんどないが、家庭等で加熱調理される食品（直火焼きした肉類や魚類）にも PAH が多く含まれている可能性がある。

一方で、肉類や魚類は重要な栄養源であり、また、食品の加熱は食中毒防止の観点からも重要である。そこで、家庭等で加熱調理される食品について、風味や栄養特性、微生物学的な安全性を維持しつつ、PAH 濃度を低減することができる加熱調理条件を評価・検証することが必要である。

なお、試験研究の実施に当たっては、関係諸機関および消費・安全局消費・安全政策課（現 食品安全政策課）の研究課題運営チームと連絡を密にとり、これら関係者と試験研究の進捗状況等を共有し、柔軟な試験計画の見直し等を行うこととする。

2. 研究内容

(1) 中課題 1：家庭調理モデルの設計および実験計画の策定

1) 小課題 1：家庭調理の分類とそのモデル食品素材と調理法の設定

なお、関係者との十分な打合せにより、家庭調理モデルとして適切な食品を選定する。その食品素材（肉、魚、野菜等）をまず選び、PAH が生成しにくいと考えられる調理法（蒸す、煮る）および PAH が生成しやすいと考えられる調理法（焼く、炒める、揚げる）を用いて、モデル設定を行う。

2) 小課題 2：食素材および調理モデル素材における PAH 濃度の分析評価

なお、分析対象とする PAH の選定については、まずは 16 種類とし、上記の調理モデルの素材について、前処理を含め、分析方法の妥当性、回収率を検討する。

- (2) 中課題 2 : モデル調理試験に基づく PAH の低減化の立案とその検証
 - 1) 小課題 1 : 加熱条件を制御して作成された PAH 生成機構の評価と官能特性を維持しながら、PAH が生成しにくい調理法の立案
 - 2) 小課題 2 : 官能特性を維持した PAH 低減化調理法の検証
なお、官能検査を実施し、消費者のわかる形で検証する。
- (3) 中課題 3 : 消費者向け助言の検討
 - 1) 小課題 1 : PAH 低減化調理法の開発と消費者への提言

4. 実施体制

項目	担当研究機関	研究担当者	エフォート (%)
研究総括者：和田 俊	公益財団法人 日本食品油脂検査協会	和田 俊	35
研究責任者：横山 公通 1. 家庭調理モデルの設計および 実験計画の策定	神奈川県立保健福祉大学	○ 横山 公通	30
(1) 家庭調理の分類とそのモデル設定	神奈川県立保健福祉大学 公益財団法人 日本食品油脂検査協会	△ 横山 公通 浅井 ひろみ (~27年1月) 比企 麻子 (27年1月~6月) 和田 俊 (27年7月~28年3月)	前出 20 20 10
(2) 食素材および調理モデル 素材における PAH 濃度の 分析評価	神奈川県立保健福祉大学 公益財団法人 日本食品油脂検査協会	△ 横山 公通 浅井 ひろみ (~27年1月) 比企 麻子 (27年1月~6月) 飯田 泰浩 (27年7月~28年3月)	前出 前出 前出 60
研究責任者：和田 俊 2. モデル調理試験に基づく PAH の低減化の立案とその検証	公益財団法人 日本食品油脂検査協会	○ 和田 俊	前出
(1) 分析結果に基づく調理モデル中の PAH 生成機構 およびその低減化の提案	公益財団法人 日本食品油脂検査協会	△ 和田 俊 飯田 泰浩	前出 前出
(2) PAH 低減化調理法の検証	公益財団法人 日本食品油脂検査協会	△ 和田 俊 城戸 浩胤 (~27年3月) 飯田 泰浩 多賀 郁 (27年8月~)	前出 30 前出 80
研究責任者：城戸 浩胤 3. 消費者向け助言の検討	公益財団法人 日本食品油脂検査協会	○ 城戸 浩胤 (~27年3月) 和田 俊 (27年4月~28年3月)	前出 前出
(1) PAH 低減調理法の開発 と消費者への提言	公益財団法人 日本食品油脂検査協会 神奈川県立保健福祉大学	△ 和田 俊 城戸 浩胤 (~27年3月) 横山 公通	前出 前出 前出

研究担当者欄について、中課題担当者には○、小課題担当者には△を付すこと。

II. 研究実績報告

1. 中課題1：家庭調理モデルの設計および実験計画の策定

(1) 成果の概要

工程表	進捗状況・成果
<p>家庭調理の分類とそのモデル設定 (小課題1 関連) 家庭調理モデルとして適切な食品を選定する。その食品素材(肉、魚、野菜等)をまず選び、PAHが生成しにくいと考えられる調理法(蒸す、煮る)およびPAHが生成しやすいと考えられる調理法(焼く、炒める、揚げる)を用いて、モデル設定を行う。 【神奈川県立保健福祉大学 +公益財団法人日本食品油脂検査協会】 (平成26年度)</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p>各食素材および調理モデル素材における PAH 濃度の分析評価 (小課題2 関連) 分析対象とする PAH の選定については、当初 16 種類とし、上記の調理モデルの素材について、前処理を含め、分析方法の妥当性、回収率を検討する。 【神奈川県立保健福祉大学 +公益財団法人日本食品油脂検査協会】 (平成26年度)</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p>中課題2 (平成26年度、平成27年度)</p>	<p>食品素材として以下を設定した。 魚：<u>さけ (2種)</u>・さんま・さば 肉：豚・牛・鶏(ばら・もも等) 加工肉：ベーコン ※1 (平成26年度、平成27年度)</p> <p>焼き調理の方法として PAH が生成しにくい：IH(フライパン)調理 生成しやすい：直火(グリル)調理を設定した。※2 (平成26年度)</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p>上記の調理モデルの素材について前処理および分析法を設定した。 分析対象とする PAH は当初 16 種類だったが、BcFLは検出しないため、分析対象分子種を 15 種とした。※3 (平成26年度)</p>
<p>成果目標：家庭調理モデルとして適切な食品素材を選定する。PAHの分析条件を決定し、選定された家庭調理モデル素材のPAH分析を行う。</p>	

<成果の概要の補足> (詳細は【成果の詳細説明】)

※1：・一般に入手可能な食材を対象とした。(さけ等)

- ・さけについては切り身を購入し、その他食材については購入後に大きさおよび厚さを、一般的に家庭等で調理されるサイズで切り分けて形状をできるだけそろえた。

- ・油脂含有濃度の高い食材：さんま、さば、牛肉（ばら）、豚肉（ばら）、鶏肉（もも・皮つき）、ベーコン
- ・油脂含有濃度の低い食材：牛肉（もも）、豚肉（もも）、鶏肉（もも・皮なし）

※2：調理段階の設定 ①喫食可能なレベルで加熱時間が適切（おいしく食べられる状態）
②過加熱の状態（食べられる限界）

まず予備試験を行い、どの程度の火力、加熱時間等でどれくらいの焼き具合になるかを把握した上で、調理段階を設定した。時間設定は各品目一律ではない。

※3：試験・分析の条件

- ・成人1人が通常1食で食べる量の3倍量を、一般的な家庭で1回に調理できる量ずつ調理する。非可食部（頭、骨、ひれ等）を除いた全量を混ぜたコンポジットサンプルを分析する。
- ・各コンポジットサンプルの分析回数は1回。
- ・調理後、まず②過加熱のサンプルについて、16時間アルカリ分解の前処理を施しPAH16種類を分析した。この16種類の分析において、衛生試験法では、BcFLの回収率は低く、回収率の良いと言われている16時間アルカリ分解を用いてもBcFLの量は相対的に少なかった。すなわち、BcFLを除いたとしてもPAH15種類とPAH16種類の分析結果に大差なく、PAH15種類の分析で実用上の問題が無いことが判明した。このことから、本研究では衛生試験法・注解2010の前処理・抽出法による方法においてBcFLを除外し、PAH15種類を分析対象とした。

<略号一覧>

多環芳香族炭化水素類	(PAH)
benz[a]anthracene	(BaA)
benzo[b]fluoranthene	(BbFA)
benzo[j]fluoranthene	(BjFA)
benzo[k]fluoranthene	(BkFA)
benzo[ghi]perylene	(BghiP)
benzo[a]pyrene	(BaP)
chrysene	(CHR)
cyclopenta[cd]pyrene	(CPP)
dibenz[a,h]anthracene	(DBahA)
dibenzo[a,e]pyrene	(DBaeP)
dibenzo[a,h]pyrene	(DBahP)
dibenzo[a,i]pyrene	(DBaiP)
dibenzo[a,l]pyrene	(DBalP)
indeno[1,2,3-cd]pyrene	(IP)
5-methylchrysene	(MCH)
benzo[c]fluorene	(BcFL)

成果の詳細説明（中課題1）

1. 調理の特徴について

「焼く」操作は直火焼きと間接焼きに大別される。直火焼きは、網や串などの支持体を用いて、食品を直接熱源の上で加熱する方法であり、主として放射熱が利用される。間接焼きには、①金属板（フライパン・鍋）・石などを熱媒体として加熱する方法、②オーブン内部の空気を加熱し空気を主たる熱媒体とする方法がある。

利用温度は130～300℃と他の外部加熱操作に比べ高温が用いられ、熱の損失が大きく、一定温度の保持・温度分布の均一化が困難である。

「焼く」操作の特徴は、①食品の表面が高温に接しながら加熱が行われるため、表面に「焦げ」の現象が生じやすいことである。

「焦げ」の現象は、アミノ・カルボニル反応（pH6.5～8.5で温度が高いほど進む）、糖質のカラメル化、脂肪の加熱分解などによって生じる。「焦げすぎ」は食品の風味を損なうが、適度な「焦げ」は、食品に特有の好ましい香味を与えると同時に、生臭みをもつ獣鳥肉や魚介類の風味を改善する作用がある。熱の損失が大きく温度管理が困難な操作であるにもかかわらず、「焼く」操作が多用されるのは、このことに起因する。

直火加熱では熱源との距離によってはオーブンやIHなどより高温になり「焦げ」が生じやすい。また、「焼く」操作では、加熱面に与えられた熱が裏面に達するまでにかかなりの時間が必要となり、片面だけの加熱では「焦げすぎ」の可能性が高まる。このため、直火焼きや、金属板を用いた間接焼きでは反転が行われる。直火焼きでは、食品素材の形状がくずれのを防いだり、火の当たり方を調節するために、串等が支持体として用いられる場合が多い。一方、金属板などを用いた間接焼きは、直火焼きに比べ、中間体を使用することによって「焦げ」を調節するための温度管理や反転が容易となる。

2. 分析法

2. 1 脂質抽出法

Bligh & Dyer 抽出法に準ずる。

試料約 5 g を 100 mL 三角フラスコにはかり取り、クロロホルム-メタノール混液 (2:1, v/v) 50 mL を加えた。2 分間ホモジナイズ抽出し、ろ紙を用いて吸引ろ過し、ろ液は 300 mL 分液漏斗で受けた。残渣を 100 mL 三角フラスコへ戻し、クロロホルム-メタノール混液 (2:1, v/v) 50 mL を加えて、同様に再度ホモジナイズ抽出および吸引ろ過を行った。ろ紙をよく洗いこみ、ろ液に合わせた。ろ液に水 100 mL および飽和食塩水 20 mL を加えて 1 分間振とうし、一晩放置した。二層に分離後、下層を硫酸ナトリウム(無水) およびろ紙によって脱水ろ過し、恒量とした重量既知のナス型フラスコへ移した。さらに分液漏斗内壁、硫酸ナトリウム(無水) およびろ紙をクロロホルムでよく洗いこみ、抽出液に合わせた。ロータリーエバポレーターによって 40 °C で溶媒留去し、105 °C で 1 時間乾燥させた。デシケーター中で放冷後、フラスコ重量をはかり、油脂含有濃度を求めた。

2. 2 PAH 分析法

衛生試験法・注解 2010 の前処理・抽出法に準ずる。

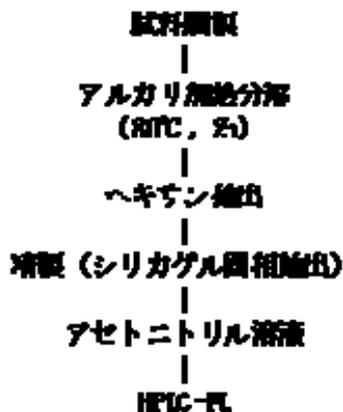


図 1. PAH 分析法フローシート

※IP および MCH について夾雑成分が確認されたため、中課題 2 「BBQ グリルの反転回数別の「おいしい焼き方」の比較」 (p.92) 以降の分析については、HPLC での測定時に夾雑成分の影響のない蛍光波長に変更し、定量を行った。これ以前に分析を行った検体については、定量値に夾雑成分が含まれている可能性があるため注意が必要である。

3. スクリーニング試験【平成26年度】

3.1 食材の選定

消費量、油脂含有濃度、考えられる調理法に基づいて各食材の総合評価を行い、それに基づいて選定した。また、対照試料として、油脂含有濃度の低い食材（もも肉等）を選定した。

スクリーニング試験対象品目選別

【消費量】 評価A-C	【油脂含有】 評価A-C	【調理法】 評価A-C	【総合】 5段階評価 優先度
魚: 4以上A、2以上4未満B、2未満C	魚24%以上肉39%以上→A	評価: 焼くが一般→A **焼き→A	A、B、C、D、E (A,A,A) A
肉: 2000t以上A、500t以上2000t未満B、500t未満C	魚10%以上24%未満肉20%以上39%未満→B	揚げる、炒めるが一般→B フライ、天ぷら、揚げ物→B	(A,A,B) (A,A,C) B
ハムソー: 5万t以上A、1000t以上5万t未満B、1000t未満C	魚10%未満肉20%未満→C	それ以外→C それ以外→C	(A,B,B) (A,B,C) C (A,C,C) (B,B,B) (B,B,C) D (B,C,C) (C,C,C) E

番号	分類名	品目	単位	消費量 (※各種統計やその他の情報等から推定。3段階評価)	スクリーニング試験対象の優先度【消費量】	油脂含有濃度 [g/100g]	スクリーニング試験対象の優先度【油脂含有】	考えられる調理法	食べ方の例 ※簡単に記入したので、追記修正願います。	スクリーニング試験対象の優先度【調理法】	スクリーニング試験対象の優先度【総合】	コメント	文献等で報告されているPAHs濃度に関する情報 (出典も記載)	
1	魚類	あじ類 (スズキ目アジ科)	年 国内消費 仕向量 [t]	2	C	9	C	焼く	干物	A	D			
2					G	4	C	生・煮る・焼く・揚げる	刺身、塩焼き、フライ、開き干し	A	D			
3					C	7	C	焼く・揚げる	焼き物、フライ、から揚げ、開き干し、くさや	A	D			
4		ウナギ目アナゴ科			あなご	C	9	C	生・煮る・焼く・揚げる	刺身、蒲焼、甘煮、天ぷら、白焼き	C	E		
5		スズキ目アマダイ科			あまだい	C	4	C	蒸す・焼く・揚げる	塩焼き、照り焼き、蒸し物、炒め物、揚げ物、干物	C	E		
6		サケ目アユ科			あゆ(天然)	C	2	C	煮る・焼く	塩焼き、田楽、煮つけ、吸い物、干物	A	D		
7		アユ科			あゆ(養殖)	C	8	C	煮る・焼く	煮る・焼く	A	D		
8	いか類	あいかいか	4	B	1	C	生・茹でる・煮る・焼く・揚げる・炒める	刺身、寿司種、サラダ、酢の物、煮物、炒め物、照り焼き、フライ	C	E				
9				B	1	C	生・茹でる・煮る・焼く・揚げる・炒める	刺身、寿司種、干物、サラダ、酢の物、煮物、炒め物	C	E				
10				B	0	C	生・茹でる・煮る・焼く・揚げる・炒める	刺身、寿司種、サラダ、酢の物、煮物、炒め物	C	E				
11				B	1	C	生・茹でる・煮る・焼く・揚げる・炒める	刺身、塩辛、干物、寿司種、サラダ、酢の物、煮物、炒め物	C	E				
12				B	4	C	生・茹でる・煮る・揚げる	刺身、寿司種、塩辛、干物、和え物、煮物、揚げ物、燻製、つくだ煮	C	E				
13				B	1	C	生・茹でる・煮る・焼く・揚げる・炒める	刺身、干物、寿司種、サラダ、酢の物、煮物、炒め物	C	E				
14	いわし類 (ニシン目ニシン科・カタクティワシ科)	うるめいわし	2	B	5	C	生・煮る・焼く・揚げる	刺身、煮物、塩焼き、唐揚げ、しらす干し	A	C				
15				B	12	B	生・煮る・焼く・揚げる	刺身、煮物、フライ、干物、しらす干し、煮干し、田作り	A	C				
16				B	14	B	生・煮る・焼く・揚げる	刺身、煮物、フライ、煮干し、素干し、塩干し、焼き物、水煮	A	C				
17				B	19	B	焼く	焼き物、干物	A	C				
18	サケ目サケ科	いわな	C	4	C	生・煮る・焼く・揚げる	刺身、煮物、塩焼き、フライ	A	D					
19	ウナギ目ウナギ科	うなぎ	C	19	B	蒸す・煮る・焼く	蒲焼、白焼き、煮物	A	C					

番号	分類名	品目	単位	消費量 (※各種統計やその他の情報等から推定。3段階評価)	スクリーニング試験対象の優先度【消費量】	油脂含有濃度 [g/100g]	スクリーニング試験対象の優先度【油脂含有】	考えられる調理法	食べ方の例 ※簡単に記入したもので、追記修正願います。	スクリーニング試験対象の優先度【調理法】	スクリーニング試験対象の優先度【総合】	コメント	文献等で報告されているPAHs濃度に関する情報 (出典も記載)							
20	魚類	かじき類 (スズキ目 マカジキ科・ メカジキ科)	くろかじき	年 国内消費 仕向量 [t]	C	0	C	生・茹でる・ 煮る・焼く・揚 げる	刺身、寿司種、しゃ ぶしゃぶ、塩焼き、照 り焼き、煮つけ、ス テーキ、フライ	C	E									
21								まかじき	C			2	C	生・茹でる・ 煮る・焼く・揚 げる	刺身、寿司種、サラ ダ、煮つけ、照り焼 き、フライ	C	E			
22			めかじき		C	7	C	生・茹でる・ 煮る・焼く・揚 げる	刺身、寿司種、煮つ け、サラダ、照り焼 き、フライ	C	E									
23		かつお類 (スズキ目 サバ科)	かつお	3	B	(春獲り) 0.5 (秋獲り) 6.2	C	生・煮る・焼 く・揚げる	刺身、たたき、照り焼 き、煮物、つくだ煮、 角煮、竜田揚げ	C	E									
24			そうだがかつお					B	3			C	生・煮る・焼 く・揚げる	刺身、照り焼き、つく だ煮、角煮、竜田揚 げ	C	E				
25		かれい類 (カレイ目 カレイ科)	まがれい	1	C	1	C	生・煮る・焼 く・揚げる	刺身、焼き物、煮つ け、から揚げ、フライ	C	E									
26			まこがれい					C	2			C	生・煮る・焼 く・揚げる	刺身、焼き物、煮つ け、から揚げ、フライ	C	E				
27		フグ目 カワハギ科	かわはぎ		C	0	C	生・煮る・揚 げる	刺身、煮物、ちりな べ、吸い物、唐揚げ	C	E									
28		スズキ目 アジ科	かんばち		C	4	C	生・煮る・焼 く・揚げる	刺身、照り焼き、塩 焼き、あら煮、フライ	C	E									
29		スズキ目 キス科	きす		C	0	C	生・焼く・揚 げる	刺身、塩焼き、天ぷ ら、から揚げ、フライ	B	E									
30		キンメダイ 目 キンメダイ 科	きんめだい		C	9	C	生・煮る・焼 く	刺身、煮つけ、なべ 物、焼き魚	C	E									
31		コイ目コイ 科	こい		C	10	C	煮る・焼く・揚 げる	煮つけ、塩焼き、丸 揚げ	C	E									
32		さけ・ます類 (サケ目サ ケ科)	からふとます	4	A	7	C	煮る・焼く・揚 げる	煮つけ、塩焼き、フ ライ	A	B									
33			ぎんざけ					A	13			B	煮る・焼く・揚 げる	煮つけ、焼き物、フ ライ	A	B				
34			さくらます					A	8			C	煮る・焼く・揚 げる	煮つけ、焼き物、フ ライ	A	B				
35			しろさけ					A	4			C	焼く・揚げる	焼き物、塩焼き、フ ライ	A	B				
36			たいせいよう さけ					A	16			B	生・茹でる・ 蒸す・煮る・ 焼く・揚げる	寿司種、サラダ、煮 つけ、焼き物、フライ	A	B				
37			にじます/海 面養殖					A	15			B	生・茹でる・ 煮る・焼く・揚 げる	刺身、冷製、焼き 物、煮つけ、から揚 げ、フライ	A	B				
38			にじます/淡 水養殖					A	5			C	生・茹でる・ 煮る・焼く・揚 げる	刺身、冷製、焼き 物、煮つけ、から揚 げ、フライ	A	B				
39			べにざけ					A	5			C	茹でる・蒸す・ 煮る・焼く・揚 げる	冷製、煮つけ、焼き 物、燻製、フライ	A	B				
40			ますのすけ					C	13			B	茹でる・蒸す・ 煮る・焼く・揚 げる	冷製、煮つけ、焼き 物、ステーキ、フライ	A	C				
41			さば類 (スズキ目 サバ科)					たいせいよう さば	2			B	27	A	煮る・焼く・揚 げる	焼き物、煮物、竜田 揚げ	A	A		
42								まさば							B	12			B	生・煮る・焼 く・揚げる
43								スズキ目 サバ科	さわら				C	10	C	生・煮る・焼 く・揚げる	刺身、煮つけ、焼き 物、照り焼き、西京 漬け、唐揚げ、フライ	A	D	
44		ダツ目 サンマ科	さんま	2	C	25	A	生・煮る・焼 く・揚げる	刺身、煮つけ、塩焼 き、唐揚げ、竜田揚 げ	A	B		さんま塩焼き 総PAHs(16分子種) 0.32-4.41ug/kg、平 均1.49ug/kg 出典: H25年度委託 事業							

番号	分類名	品目	単位	消費量 (※各種統計やその他の情報等から推定。3段階評価)	スクリーニング試験対象の優先度【消費量】	油脂含有濃度 [g/100g]	スクリーニング試験対象の優先度【油脂含有】	考えられる調理法	食べ方の例 ※簡単に記入したもので、追記修正願います。	スクリーニング試験対象の優先度【調理法】	スクリーニング試験対象の優先度【総合】	コメント	文献等で報告されているPAHs濃度に関する情報 (出典も記載)		
45	魚類	ししゃも類 (ニシン目 キュウリウオ科)	からふとし ししゃも	年 国内消費 仕向量 [t]	C	12	B	焼く・揚げる	焼き物、フライ	A	C				
46		スズキ目 スズキ科	すずき		C	4	C	生・茹でる・ 蒸す・煮る・ 焼く・揚げる	刺身、寿司種、サ ラダ、煮つけ、塩焼き、 フライ	A	D				
47		たい類 (スズキ目 タイ科)	きだい		1	C	3	C	生・蒸す・煮 る・焼く	刺身、寿司種、かぶ ら蒸し、塩焼き、焼き 物、煮物	C	E			
48			くろだい			C	7	C	生・蒸す・煮 る・焼く		C	E			
49			ちだい			C	2	C	生・蒸す・煮 る・焼く		C	E			
50			まだい(天 然)			C	6	C	生・蒸す・煮 る・焼く		C	E			
51			まだい(養 殖)			C	11	C	生・蒸す・煮 る・焼く		C	E			
52			まだら			C	0	C	茹でる・蒸す・ 煮る・焼く・揚 げる		刺身、寿司種、かぶ ら蒸し、塩焼き、干し 物	C	E		
53		ニシン目 ニシン科	にしん			C	15	B	煮る・焼く		煮つけ、塩焼き、開 き干し、燻製	C	E		
54		カレイ目 ヒラメ科	ひらめ(天 然、養殖)		C	(天然) 2.0 (養殖) 3.7	C	生・蒸す・煮 る・焼く・揚 げる	刺身、寿司種、酒蒸 し、煮つけ、塩焼き、 フライ	C	E				
55		コイ目 コイ科	ふな		C	3	C	煮る・焼く	甘露煮、焼き物(雀 焼き)	C	E				
56		スズキ目 アジ科	ぶり/はまち		4	C	(ぶり生) 17.6 (ぶり焼) 20.4 (はまち 生)18.2	B	生・蒸す・煮 る・焼く・揚 げる	刺身、かぶら蒸し、 煮つけ、照り焼き、塩 焼き、フライ	A	B			
57		カサゴ目 アイナメ科	ほっけ			C	4	C	生・煮る・焼 く・揚げる	刺身、開き干し、煮 つけ、フライ	A	D			
58		まぐろ類 (スズキ目 サバ科)	まぐろ類き はだ			B	0	C	生・煮る・焼 く・揚げる	刺身、寿司種、煮つ け、照り焼き、フライ	C	E			
59			まぐろ類くろ まぐろ(赤身、 脂身)			B	(赤身) 1.4 (脂身) 27.5	A	生・煮る・焼 く・揚げる	刺身、寿司種、煮つ け、照り焼き、フライ	C	D			
60			(まぐろ類)び んなが			B	1	C	生・煮る・焼 く・揚げる	刺身、寿司種、煮つ け、照り焼き、フライ	C	E		Tuna, canned in brine (3試料) 総PAHs(22分子種) 0, 5.5, 11.0µg/kg 出典: FOOD STANDARD Australia New Zealand	
61			(まぐろ類)み なみまぐろ			B	(赤身) 0.1 (脂身) 28.3	A	生・煮る・焼 く・揚げる	刺身、寿司種、煮つ け、照り焼き、フライ	C	D			
62			(まぐろ類)め じまぐろ			B	5	C	生・煮る・焼 く・揚げる	刺身、寿司種、煮つ け、照り焼き、フライ	C	E			
63			(まぐろ類)め ばち			B	1	C	生・煮る・焼 く・揚げる	刺身、寿司種、煮つ け、照り焼き、フライ	C	E			
64		スズキ目 マナガツオ 科	まながつお/ 生			C	11	B	生・煮る・焼 く・揚げる	刺身、照り焼き、み そ漬、揚げ煮	C	E			
65		サケ目サケ 科	やまめ	C		4	C	焼く・揚げる	塩焼き、フライ	A	D				
66		サケ目 キュウリウ オ科	わかさぎ	C	2	C	煮る・揚げる	フライ、天ぷら、あめ 煮、つくだ煮	A	D					

番号	分類名	品目	単位	消費量 (※各種統計やその他の情報等から推定。3段階評価)	スクリーニング試験対象の優先度【消費量】	油脂含有濃度 [g/100g]	スクリーニング試験対象の優先度【油脂含有】	考えられる調理法	食べ方の例 ※簡単に記入しますので、追記修正願います。	スクリーニング試験対象の優先度【調理法】	スクリーニング試験対象の優先度【総合】	コメント	文献等で報告されているPAHs濃度に関する情報 (出典も記載)		
67	肉類	牛肉	国内 年消費量 [t]	かた	480	C	22	B	煮る・焼く・揚げる	シチュー、カレー、ステーキ、カツ	A	C	焼きカルビ 総PAHs(16分子種) 0.23-189.44µg/kg 平均45.02µg/kg 出典: H25年度委託事業 Beef steak (3試料) 総PAHs(22分子種) 1.1, 3.3, 5.5µg/kg 出典: FOOD STANDARD Australia New Zealand		
68				かたロース		C	37	B	煮る・焼く・揚げる	シチュー、カレー、ステーキ、カツ	A	C			
69				ヒレ		C	15	C	生・焼く・揚げる	タルタルステーキ、ステーキ、フライ	A	D			
70				リブロース		C	44	A	煮る・焼く・揚げる	煮物、ステーキ、カツ	A	B			
71				ばら	2520	A	50	A	煮る・焼く・揚げる	煮物、炒め物、カツ	A	A			
72				サーロイン	480	C	48	A	生・焼く・揚げる	寿司種、ステーキ、ローストビーフ、カツ	A	B			
73				もも	1320	B	18	C	煮る・焼く・揚げる	シチュー、カレー、ステーキ、カツ	C	E			
74				そともも		C	20	C	煮る・焼く・揚げる	シチュー、カレー、ステーキ、カツ	C	E			
75				ランプ		C	30	B	煮る・焼く・揚げる	煮物、ステーキ、カツ	A	C			
76				すね		C	-	C	煮る	コンソメ、シチュー、カレー	C	E			
77				子牛肉		C	(リブロース)0.9 (ばら)3.6 (もも)2.7	C	煮る・焼く・揚げる	煮物、ステーキ、カツ	C	E			
78				ひき肉		C	15	C	煮る・焼く・揚げる	ミートボール煮、ハンバーグ、肉団子	A	D			
79				鶏肉	手羽	5280	A	15	C	煮る・焼く・揚げる	手羽煮、手羽焼き、竜田揚げ	A		B	ハンバーグ(豚肉、鶏肉を含む) 総PAHs(16分子種) 0.15-3.19µg/kg、平均1.34µg/kg 出典: H25年度委託事業 Chicken breast fillet (3試料) 総PAHs(22分子種) 3.3, 3.3, 3.4µg/kg 出典: FOOD STANDARD Australia New Zealand
80							むね	5160	A	(皮つき)11.6 (皮なし)1.5	C	茹でる・蒸す・煮る・焼く・揚げる		サラダ、シチュー、照り焼き、唐揚げ	
81	もも(皮つき、皮なし)	18960	A				(皮つき)14.0 (皮なし)3.9	C	茹でる・蒸す・煮る・焼く・揚げる	サラダ、シチュー、照り焼き、唐揚げ	A	B			
82	ささ身	2040	A				1	C	茹でる・蒸す・煮る・焼く・揚げる	サラダ、治部煮、ピカタ、フライ	A	B			
83	ひき肉		C				8	C	煮る・焼く・揚げる	そぼろ煮、つくね焼き、肉団子	A	D			

番号	分類名	品目	単位	消費量 (※各種統計やその他の情報等から推定。3段階評価)	スクリーニング試験対象の優先度【消費量】	油脂含有濃度 [g/100g]	スクリーニング試験対象の優先度【油脂含有】	考えられる調理法	食べ方の例 ※簡単に記入したので、追記修正願います。	スクリーニング試験対象の優先度【調理法】	スクリーニング試験対象の優先度【総合】	コメント	文献等で報告されているPAHs濃度に関する情報 (出典も記載)		
84	肉類	豚肉	国内 年消費量 [t]	720	B	(大)14.6	C	茹でる・煮る・焼く・揚げる	サラダ、肉じゃが、生姜焼き、カツ	A	C				
85				かたロース		C	(大)19.2	C	茹でる・煮る・焼く・揚げる	サラダ、肉じゃが、生姜焼き、カツ	A	D			
86				ロース	9600	A	(大)19.2	C	茹でる・焼く・揚げる	冷しゃぶ、ステーキ、カツ	A	B			
87				ばら	8880	A	(大)34.6	B	茹でる・煮る・焼く・揚げる	しゃぶしゃぶ、煮物、角煮、焼き豚、串揚げ	A	B		焼き豚とろ 総PAHs(16分子種) 0.32-174.81µg/kg, 平均50.59µg/kg 出典: H25年度委託事業 焼き豚 総PAHs(16分子種) 0.03-46.4µg/kg, 平均6.45µg/kg 出典: H25年度委託事業 Pork chops (3試料) 総PAHs(22分子種) 0.21, 4.2µg/kg 出典: FOOD STANDARD Australia New Zealand	
88				もも	3600	A	(大)10.2	C	茹でる・煮る・焼く・揚げる	サラダ、煮物、カレー、照り焼き、酢豚	C	D			
89				そともも		C	(大)16.5	C	茹でる・煮る・焼く・揚げる	サラダ、煮物、カレー、照り焼き、酢豚	C	E			
90				ヒレ		C	(大)1.9	C	焼く・揚げる	ステーキ、ヒレカツ	A	D			
91				ひき肉		C	15	C	煮る・焼く・揚げる	そぼろ煮、キーマカレー、肉詰め、肉団子	A	D			
92				(ソーセージ類)ウインナー	年生産量 [t]	224421	A	29	B	生・茹でる・煮る・焼く・揚げる	サンドウィッチ、おでん、ポトフ、フライ	A	B		
93				(ソーセージ類)セミドライ		764	C	30	B	生	サラダ、サンドウィッチ	C	E		
94				(ソーセージ類)ドライ		6140	B	43	A	生	サラダ、サンドウィッチ	C	C		
95				(ソーセージ類)フランクフルト		35253	B	25	B	茹でる・煮る・焼く・揚げる	ポトフ、アメリカンドッグ	A	C		
96				(ソーセージ類)ポロニア		19347	B	21	B	生・焼き・揚げる	サラダ、サンドウィッチ、カツ	A	C		
97	(ソーセージ類)リオナ		4472	B	13	C	生・焼く	サラダ、サンドウィッチ	A	C					
98	(ソーセージ類)レバー		31	C	34	B	生	ペースト、サンドウィッチ	C	E					
99	(ソーセージ類)混合		30	C	23	B	生・焼く・揚げる	サラダ、焼き物、フライ	C	E					
100	(ベーコン類)ショルダー		6698	B	12	C	生・茹でる・焼く	サラダ、サンドウィッチ、スープ、ベーコンエッグ	A	C					
101	(ベーコン類)ベーコン		78640	A	39	A	生・茹でる・焼く	サラダ、サンドウィッチ、スープ、ベーコンエッグ	A	A		Bacon (3試料) 総PAHs(22分子種) 4.9, 10.2, 15.5µg/kg 出典: FOOD STANDARD Australia New Zealand			
102	(ベーコン類)ロース		78	C	15	C	生・茹でる・焼く	サラダ、サンドウィッチ、スープ、ベーコンエッグ	A	D					

3. 2 調査対象品目・購入日

表 1. 各食材の調査対象品目および購入日

食材名	産地	脂質 (g/100 g) ※	購入日
さけ	不明 (推定：北海道)	3.0	2014/10/28
さば	不明 (推定：長崎県)	17.1	2014/9/29
さんま	不明 (推定：岩手県)	21.9	2014/9/25
豚ばら肉	神奈川県	38.1	2014/11/25
豚もも肉		16.3	
牛ばら肉	岩手県	38.9	2014/12/16
牛もも肉		12.9	
鶏もも皮つき	茨城県	8.0	2014/12/24
鶏もも皮なし		3.8	
ベーコン	不明	20.1	2015/2/28

※脂質は調理前 (生) 実測値

3. 3 試料調製方法

- さけ：さけは厚さ 1.5 cm 程度の切り身を購入し、切り身の中心を二つに切り分け、3~4 切れを一検体とし、加熱方法 (間接加熱、直接加熱) 焼き方 (おいしい、限界) に応じて 6 検体、合計 12 検体を作製した。
- さば：さばは総数 11 尾、約 8 kg を購入し、頭と内臓を除去した後、歯ブラシを用いて流水で内臓の血を洗い流し、水分を拭き取り、3 枚におろした。切り身の中心から頭部と尾部の二部位に切り分け、その 2 切れを一検体とし、加熱方法 (間接加熱、直接加熱)、焼き方 (おいしい、限界) に応じて 6 検体、合計 12 検体を作製した。
- さんま：さんまは総数 28 尾、約 4.5 kg を購入し、頭と内臓、尾を除去した後、歯ブラシを用いて流水で内臓の血を洗い流し、水分を拭き取り、骨付きのまま魚体の片身を頭部から尾部にかけて均等に包丁で 2 または 3 等分した。この 2 切れあるいは 3 切れを一検体とし、加熱方法 (間接加熱、直接加熱)、焼き方 (おいしい、限界) に応じて 6 検体、合計 12 検体を作製した。
- 豚ばら肉：豚ばら肉は総量 3.1 kg のブロックを購入し、約 1.5 cm の厚さに切り分け、脂身と肉の分布がほぼ同様になるように取り分け、約 6 切れを一検体とし、加熱方法 (間接加熱、直接加熱)、焼き方 (おいしい、限界) に応じて 6 検体、合計 12 検体を作製した。
- 豚もも肉：豚もも肉は総量 3.26 kg のブロックを購入し、約 1.5 cm の厚さに切り分け、脂身と肉の分布がほぼ同様になるように取り分け、約 6 切れを一検体

とし、加熱方法（間接加熱、直接加熱）、焼き方（おいしい、限界）に応じて6検体、合計12検体を作製した。

牛バラ肉：牛バラ肉は総量3.28 kgのブロックを購入し、約1.5 cmの厚さに切り分け、脂身と肉の分布がほぼ同様になるように取り分け、約6切れを一検体とし、加熱方法（間接加熱、直接加熱）、焼き方（おいしい、限界）に応じて6検体、合計12検体を作製した。

牛もも肉：牛もも肉は総量3.3 kgのブロックを購入し、約1.5 cmの厚さに切り分け、脂身と肉の分布が同様になるように取り分け、約6切れを一検体とし、加熱方法（間接加熱、直接加熱）、焼き方（おいしい、限界）に応じて6検体、合計12検体を作製した。

鶏もも肉：皮つきおよび皮なし

鶏もも肉は総量6.4 kgを購入し、全体をよく水洗いした後、水分を拭き取って、1/2量の皮を取り除き、皮つきと皮なしのもも肉を作った。厚さを調えるために、肉の表面に包丁で切り込みを入れ、もも肉1~2枚分を一検体とし、加熱方法（間接加熱、直接加熱）、焼き方（おいしい、限界）に応じて6検体、合計12検体を作製した。

ベーコン：ベーコンは総量3.71 kgのブロックを購入し、約2~3 mmの厚さに切り分け、脂身と肉の分布が同様になるように取り分け、7~8切れを一検体とし、加熱方法（間接加熱、直接加熱）、焼き方（おいしい、限界）に応じて6検体、合計12検体を作製した。

表2. 各食材の平均試料重量（一検体あたり）

食材名	平均重量 (g)
さけ	174
さんま	152
さば	170
豚バラ肉	205
豚もも肉	199
牛バラ肉	205
牛もも肉	204
鶏もも肉皮つき	214
鶏もも肉皮なし	205
ベーコン	201

3. 4 加熱器具および調理器具

3. 4. 1 調理器具

直火焼きの使用金串（支持体） : 径 1mm、長さ 30cm

間接焼き使用フライパン（中間体） : 径 26cm [Fujimaru induction master 10-1/2in]



金串



フライパン

図 2. 本研究で使用した調理器具写真

3. 4. 2 加熱器具（間接加熱）

加熱器具として IH クッキングヒーター（100V）を使用した。中間体としてフライパン（径 26cm）を使用した。使用したフライパンは加熱調理後、毎回洗剤と熱湯で十分洗浄し、水分を拭き取って、次の試料の加熱に用いた。

IH ヒーター : Panasonic kE-11BP IH クッキングヒーター 100V

加熱調理時の IH ヒーターの温度目盛は「5」とした。



IH ヒーター全景



スイッチ部分

図 3. 本研究で使用した間接焼き加熱器具（IH ヒーター）

3. 4. 3 加熱器具（直接加熱）

加熱器具として BBQ（バーベキュー）グリルを使用した。直火焼き時の支持体として金串（径 1mm、長さ 30cm）を使用した。使用した網については、試料作製後、十分洗浄して乾燥させて再使用した。また、溶岩石については試料作製後、洗い桶に入れ、水と中性洗剤を加えて放置後、約 1 時間程度、熱湯を蛇口から継続的に注ぎ、ザルにとって自然乾燥した後再使用した。

California Patio LP ガス BBQ グリルポータブルタイプ

使用ガス：カセットガスボタン

外形：43(幅)×30(奥行)×33.5(高)cm

焼面サイズ：35.5×23cm

グリル網目間隔：幅 12mm

ラバロック(溶岩石)：中型サイズ約 30～50mm

加熱強度：ガスバルブ全開



グリル全景 1



グリル全景 2



グリル網目

図 4. 本研究で使用した直火焼き加熱器具 (BBQ グリル)

3. 4. 4 温度測定器具

AD-5616 放射温度計 (エーアンド・デイ株式会社製) を使用し、加熱始めから 5 分毎に温度計測を行った。

BBQ グリル加熱：ガス口の上に置かれている溶岩石の中心測を測定

IH ヒーター加熱：フライパンの中心温度を測定



調理時温度測定



予熱時温度測定

図 5. 放射温度計による温度測定の様子

3. 5 食材および調理条件の詳細

3. 5. 1 食材



さけ



さば



さんま



豚ばら肉



豚もも肉



牛ばら肉



牛もも肉



鶏もも皮つき



鶏もも皮なし



ベーコン

図6. 各食材の調理前の様子

3. 5. 2 食材の調理条件の詳細

表 3. 各食材の調理条件の詳細

食材	加熱器具	焼き方	加熱時間 (分)		加熱平均温度 (°C) ※
			片面	合計	
さけ	BBQ	おいしい	10	20	245.5
		限界	25	50	279.4
	IH	おいしい	5	10	267.7
		限界	15	30	265.5
さば	BBQ	おいしい	表 9、裏 5	14	296.3
		限界	30	60	309.9
	IH	おいしい	表 4、裏 3	7	255.7
		限界	15	30	265.8
さんま	BBQ	おいしい	7	14	263.2
		限界	30	60	304.2
	IH	おいしい	2.5	5	250.0
		限界	15	30	279.1
豚ばら肉	BBQ	おいしい	3	6	260.2
		限界	10	20	290.0
	IH	おいしい	3	6	238.2
		限界	10	20	273.4
豚もも肉	BBQ	おいしい	3	6	290.1
		限界	10	20	271.5
	IH	おいしい	3	6	266.0
		限界	10	20	280.5
牛ばら肉	BBQ	おいしい	4	8	240.7
		限界	10	20	271.5
	IH	おいしい	1	2	257.6
		限界	5	10	272.7
牛もも肉	BBQ	おいしい	5	10	260.8
		限界	15	30	253.2
	IH	おいしい	1	2	241.7
		限界	5	10	280.2
鶏もも	BBQ	おいしい	10	20	306.4
		限界	表 15、裏 20	35	302.8
皮つき	IH	おいしい	4	8	265.1
		限界	12	24	369.5

食材	加熱器具	焼き方	加熱時間 (分)		加熱平均温度 (°C) ※
			片面	合計	
鶏もも 皮なし	BBQ	おいしい	15	30	281.1
		限界	25	50	290.4
	IH	おいしい	4	8	270.4
		限界	15	30	272.5
ベーコン	BBQ	おいしい	3	6	282.2
		限界	5	10	287.9
	IH	おいしい	30 秒	1	251.6
		限界	4	8	254.1

※温度測定は、熱源温度を測定 (BBQ：溶岩石、IH：フライパン)

3. 6 焼き方の評価

3. 6. 1 おいしい焼き方

魚、獣鳥肉に関わらず、本来は塩を用いて、焼く前に調味と浸透圧による臭みの除去やたんぱく質の変性による保水性の向上と表面の加熱凝固促進によって美味しさを高める操作が行われるが、今回の試料作製では、塩による影響をなくすためその配慮は行っていない。従って、焼き上げた魚・獣鳥肉は、直火調理の本来の美味しさとは少し異なっている。本研究ではそれぞれの対象食品について、たんぱく質の凝固、焼き色の最適な状態に加え、6名の試料作製者が試食して、焼き上がりの食味の評価で全員が適切と判定された時点での反転時間および総加熱時間を「おいしい焼き方」とした。

3. 6. 2 食べられる限界

それぞれの対象食品について、たんぱく質の凝固、焼き色、焦げ状態から喫食対象として限界と判定される反転時間および総加熱時間を「食べられる限界 (の焼き方)」とした。

3. 7 加熱開始温度

AD-5616 放射温度計 (エーアンド・デイ株式会社製) を用いて、加熱温度が 200°C 以上になったことを確認し、加熱を開始した。なお、温度測定は 5 分ごとに実施した。