

令和 4 年 6 月 17 日現在

機関番号：25406

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2021

課題番号：19K14011

研究課題名（和文）加熱した魚をおいしくいただくための処理条件の探索とその要因の解析

研究課題名（英文）Exploring conditions for preferable heat treatments for fish meat and analysis of its effects

研究代表者

古田 歩（Furuta, Ayumi）

県立広島大学・地域創生学部・助教

研究者番号：40826541

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、加熱による魚肉各部位（普通肉・血合肉）の変化を、魚肉のおいしさを決定づける要因であるテクスチャーや呈味成分の視点から明らかにすることを目的として、加熱による魚肉のテクスチャープロファイル、呈味成分および酵素熱失活挙動の特性変化について検討した。加熱魚肉の安全性を確保した上で嗜好性を高いものにするには、やわらかく嗜好性の高い加熱魚肉が調製できる条件での処理が有効であること、および加熱前貯蔵は加熱魚肉のおいしさ向上に寄与する可能性があることが示唆された。加えて、魚肉の主な呈味成分であるIMPの分解に寄与する内在酵素の熱感受性は、普通肉および血合肉でほとんど差がないことが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究において、白身魚における加熱処理条件についての検討、および魚肉の加熱前貯蔵が加熱魚肉のおいしさに与える影響について評価を行い、その結果、魚肉加熱時の品質制御のための基礎的知見を得られたことから、学術的意義は大きいと考えられる。また、AMP deaminaseおよびIMPaseの熱耐性についての検討も、加熱によるイノシン酸の生成・分解メカニズムの一端を明らかにするうえで学術的意義が大きい。さらに、近年、食の簡便化などを背景として、魚肉を含む水産物加工品の需要が高まっていることから、より品質の良い加熱魚肉を調製するための条件を探索した本研究は、社会的意義がある。

研究成果の概要（英文）：To investigate the factors influencing the texture and extracts of fish parts after heat treatments, we examined the changes in the properties of texture profile, taste-active components, and enzyme-inactivated behaviors in fish under different heating conditions.

It was suggested that low-temperature/long-time heating was effective in ensuring the safety of heated meat as well as improving its preference. Furthermore, it was indicated that cold storage of fish meat before heat treatment raised the quality of fish meat. In addition, no difference in the thermal stability of the endogenous enzymes contributing to inosine 5-monophosphate degradation in each part of fish meat was observed.

研究分野：食品科学 / 調理科学

キーワード：魚 おいしさ 加熱条件 テクスチャー 呈味成分

## 様式 C - 19 , F - 19 - 1 , Z - 19 ( 共通 )

### 1 . 研究開始当初の背景

魚肉は良質なタンパク質が豊富である。また、国民一人当たりの魚介類供給量が多い国ほど平均寿命も長い傾向が認められていることから、積極的に摂取すべき食品といえる。したがって、魚をおいしく食べる方法を検討することは、消費拡大のための一つの知見を得るための基礎的研究として重要である。

申請者はこれまで、魚肉を安全に、よりおいしく食べる加熱条件を探索することを目的として、血合肉の発達したブリを赤身魚のモデルとして用い、食品衛生学的観点から設定した加熱の3条件(中心温度 85~90°C・90 秒間：ノロウイルス不活化の条件(以下 85°C)、中心温度 75°C・60 秒間：食中毒菌死滅の条件(以下 75°C)、庫内温度 63°C・30 分間：低温長時間殺菌の条件(以下 63°C))で、スライスにしたブリの普通肉および血合肉を加熱し、テクスチャー解析および呈味成分測定を行った。実験の結果、特にテクスチャー、サンプル厚、核酸関連物質において、加熱条件による有意な影響が認められ、特に 63°C のような緩慢加熱では、テクスチャーがやわらかくなること、また、魚肉中の内在酵素による呈味物質の生成・分解が起こることを明らかにした。

しかしながら、上記の加熱条件が白身魚にどのような影響を及ぼすのか、また、加熱前の貯蔵中にテクスチャーおよび呈味成分の変化が起こった魚肉を加熱したとき、どのようにおいしさに影響を及ぼすのかについては、未だ明らかになっていない。さらに、魚肉の加熱中に起こると考えられる呈味成分の生成・分解に及ぼす魚肉内在酵素の熱耐性についても、明らかになっていない。したがって、魚肉を安全に、よりおいしく食べるための処理条件を決定するためには、これらの知見を得る必要がある。

### 2 . 研究の目的

本研究は、魚肉の加熱による変化を、魚肉のおいしさを決定づける要因であるテクスチャーや呈味成分の視点から明らかにし、よりおいしい加熱魚肉の処理条件を探索することとその要因を解析することを目的として、

(実験 1) 加熱条件が白身魚のテクスチャーと呈味成分変化に及ぼす影響の検討

(実験 2) 加熱前の貯蔵中変化が加熱魚肉のおいしさに及ぼす影響の検討

(実験 3) 魚肉の主要なうま味成分であるイノシン酸(以下、IMP)の分解・生成に関する酵素の熱失活挙動の速度論的解析を行った。

### 3 . 研究の方法

(実験 1)

実験 1 では、加熱条件が白身魚のテクスチャーと呈味成分変化に及ぼす影響について検討した。本研究においては、マダイを白身魚のモデルとして用いた。活け締めにしたマダイ 3 尾は、山形県内の市場で購入した。マダイをフィレにし、2cm 厚に切った後、スチームコンベクションオープン(マルゼン)を用いて上記の条件で加熱した。加熱後 2 時間以内に、レオナー(山電)によりテクスチャー解析を行った。測定時の品温は  $30 \pm 2$ 、プランジャーは円筒形(直径 5 mm×長さ 15 mm)を用い、圧縮速度 1 mm/s、圧縮率 75%で、2 回運動を繰り返した。測定項目は、かたさ、付着性、凝集性、サンプル厚とした。水分含量は、常圧乾燥法(105°C、24h)により行った。また、呈味成分として、核酸関連物質(NRCs)および遊離アミノ酸(FAAs)を測定した。NRCs は、過塩素酸溶液を加えてホモジナイズし、抽出した。この試料溶液を、10 N KOH および 1 N KOH で中和し、得られた上清をメンブレンフィルターでろ過した後、分析に供した。NRCs の分離および分析は、HPLC システム(島津)を用いた。FAAs は、5-スルホサルチル酸溶液を加えてホモジナイズし、抽出した。この試料溶液を 10 N NaOH および 1 N NaOH で約 pH4 に中和し、AccQ-Tag Derivatization Kit(Waters)により誘導体化した後、分析に供した。FAAs の分離および分析は、UPLC Amino Acid Analysis Solution(Waters)のマニュアルに準じ、UPLC システム(Waters)を用いて行った。官能評価は、加熱試料 3 点について、かたさ、味、総合的な好ましさを 7 点評価法により評価した。

(実験 2)

実験 2 では、より嗜好性の高い加熱魚肉の調製方法を探索することを目的とし、加熱前の貯蔵中変化が加熱魚肉のおいしさに及ぼす影響について検討した。活け締めにしたブリ 3 尾は、山形県内の市場で購入した。ブリをフィレにし、2cm 厚に切った後、氷中で 1 日(1d)および 14 日(14d)貯蔵した。貯蔵期間終了後、上記加熱条件のうち 85 あるいは 63 で、ブリの普通肉および血合肉を加熱した。テクスチャー解析、水分含量、NRCs は、実験 1 と同様の方法で測定した。

(実験 3)

実験 3 では、魚肉の主要なうま味成分である IMP の生成に関する酵素：AMP deaminase、および分解に関する酵素：IMPase について、熱失活挙動を検討した。活け締めにしたブリ 3 尾

は、広島県内の市場で購入した。ブリの普通肉および血合肉から抽出した粗酵素液を、85、75、63°C で任意の時間加熱した。続いて、AMP あるいは IMP を加え、基質反応させた。その後、反応生成物であるアンモニアあるいはリン酸を、それぞれ Indophenol 法あるいは Fiske-Subbarow 法により測定した。得られた結果に基づき、AMP deaminase および IMPase についてそれぞれ D 値および Z 値を算出し、各酵素の熱失活挙動について評価した。

#### 4. 研究成果

##### (実験 1)

実験 1 では、加熱条件が白身魚のテクスチャーと呈味成分変化に及ぼす影響について検討した。テクスチャー解析では、85°C に対して 63°C で有意にやわらかく、加熱による魚肉の筋収縮が抑えられていた。水分含量については、加熱条件間において有意差は認められなかった。呈味成分変化について、NRCs の変化は、おおよそ加熱条件依存的であった一方で、FAAs は、加熱および加熱条件による変化はほとんど認められなかった。官能評価において、魚肉のかたさは 85°C に対して 63°C で有意にやわらかいと評価され、このことはテクスチャー解析の結果と一致していた。一方で、味および総合的な好ましさについては、63°C および 75°C に対して 85°C で有意に高値であった。評価者からのコメントには、やわらかい魚肉の方がおいしく感じ、好み、とのコメントがある一方で、63 や 75 では、味を感じにくい、生臭さを感じた、とのコメントも散見されたことから、このことが総合的な好ましさの低評価につながったと推察された。

以上より、加熱条件は白身魚においてテクスチャーおよび呈味成分変化に影響を及ぼすことが示された。加えて、ヒトによって好ましいと評価される「やわらかく嗜好性の高い加熱魚肉」の調製のためには、呈味成分だけでなく臭気成分等の制御も必須であることが示唆された。

##### (実験 2)

実験 2 では、加熱前の貯蔵中変化が加熱魚肉のおいしさに及ぼす影響について検討した。テクスチャー解析では、普通肉は主に加熱条件のみに影響を受けていたものの、血合肉は加熱条件および貯蔵条件両方の影響を受けていた。特に 63 でやわらかく、加熱による魚肉の収縮が抑えられていた。また、14d でテクスチャーがやわらかくなる傾向が認められた。水分含量については、普通肉、血合肉とも、貯蔵条件間においては、85 および 63 いずれも 1d に対して 14d で減少していた。一方で、加熱条件間においては、普通肉は 14d のみ加熱条件の影響を受けており、血合肉は、1d、14d とともに加熱条件の影響を受けていた。NRCs について、測定値に基づいて主成分分析を行った結果、普通肉、血合肉とも、加熱条件および貯蔵条件の影響を受けており、高温短時間加熱ほど、また、貯蔵期間が長いほど、NRCs の生成・分解が進むことが示された。

以上より、テクスチャー変化は主に加熱条件の影響を、水分保持能および NRCs の変化は貯蔵条件および加熱条件両方の影響を受けており、加熱前の貯蔵中変化は加熱魚肉のおいしさ変化に影響を及ぼすことが示唆された。

##### (実験 3)

実験 3 では、魚肉の主要なうま味成分である IMP の生成・分解に関与する酵素、すなわち AMP deaminase および IMPase の熱失活挙動について検討した。AMP deaminase において、D 値の結果から 63°C における AMP deaminase の熱耐性は、普通肉中に存在する酵素（以下、普通肉中）と比較して血合肉中に存在する酵素（以下、血合肉中）で高いことが示唆された。また、Z 値の結果から、AMP deaminase の熱感受性も、普通肉中と比較して血合肉中で高いことが示唆された。IMPase においては、D 値の結果から、75°C および 63°C における IMPase の熱耐性は、普通肉中と比較して血合肉中で高いことが示唆された一方で、Z 値の結果から、IMPase の熱感受性は、普通肉中、血合肉中いずれにおいてもほとんど差がないことが示唆された。

また、同様の検討をマダイ普通肉においても実施したものの、AMP deaminase および IMPase いずれも、加熱開始と同時に失活していたことから、D 値および Z 値を求めることが困難であった。したがって、マダイ普通肉中に存在するこれらの酵素は、熱耐性がほとんどないと推察された。

本研究により、加熱条件は白身魚においてテクスチャーおよび呈味成分変化に影響を及ぼすことが示された（実験 1）。また、加熱前の貯蔵中変化は加熱魚肉のおいしさ変化に影響を及ぼす可能性が示された（実験 2）。さらに、魚肉の主要なうま味成分である IMP の生成・分解に関与する酵素の熱失活挙動を検討した結果、ブリに存在する AMP deaminase の熱感受性は、普通肉中と比較して血合肉中で高いものの、IMPase の熱感受性は、普通肉中、血合肉中いずれにおいてもほとんど差がないことが示唆された。また、マダイ普通肉中に存在する AMP deaminase および IMPase については、熱耐性がほとんどないと推察された（実験 3）。

本研究により得られた成果は、魚肉加熱時の品質制御のための基礎的知見として、水産加工への応用が期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Furuta Ayumi, Mabuchi Ryota, Tanimoto Shota	4. 巻 86
2. 論文標題 Effects of different heating conditions on the texture and extracts of the meat from each part of the yellowtail <i>Seriola quinqueradiata</i>	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Fisheries Science	6. 最初と最後の頁 693-700
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s12562-020-01426-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Furuta Ayumi, Hamakawa Yumi, Ishibashi Chinami, Mabuchi Ryota, Tanimoto Shota	4. 巻 25
2. 論文標題 Effects of different heating conditions on protein composition in each muscle type of yellowtail ( <i>Seriola quinqueradiata</i> )	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Fisheries and Aquatic Sciences	6. 最初と最後の頁 31-39
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.47853/FAS.2022.e4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 古田歩, 谷本昌太
2. 発表標題 加熱加工条件が白身魚のテクスチャーおよび呈味成分変化に及ぼす影響
3. 学会等名 令和2年度 日本水産学会中国・四国支部例会（オンライン）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 古田歩, 濱川祐実, 川口修, 石橋ちなみ, 馬淵良太, 谷本昌太
2. 発表標題 ブリ肉テクスチャーの加熱条件の違いによる差異の要因について：構成タンパク質の解析
3. 学会等名 日本食品科学工学会第66回大会（北海道）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 古田歩, 濱川祐実, 川口修, 石橋ちなみ, 馬淵良太, 谷本昌太
2. 発表標題 プリ肉テクスチャーの加熱条件の違いによる差異の要因について：コラーゲンの分析結果を踏まえた考察
3. 学会等名 日本食品科学工学会東北支部 令和元年大会（宮城）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 古田歩, 谷本昌太
2. 発表標題 氷蔵が加熱したプリ肉各部位のテクスチャーおよび呈味成分変化に及ぼす影響
3. 学会等名 令和3年度 日本水産学会中国・四国支部例会（オンライン）
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------