

令和 2 年 5 月 22 日現在

機関番号：25406

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K00822

研究課題名(和文)加熱した魚をおいしくいただくための臭い成分指標を用いた品質制御技術の開発

研究課題名(英文) Development of the quality control techniques for heated fish meat by using odor components as an indicator to be able to eat them for everyone

研究代表者

谷本 昌太 (Tanimoto, Shota)

県立広島大学・人間文化学部・教授

研究者番号：80510908

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：だれもが魚をおいしくいただくためには、生だけでなく加熱した魚の臭いについても検討する必要がある。そこで、本研究では、魚肉の各部位の加熱・再加熱さらに再加熱前の貯蔵による臭い変化に寄与する成分を明らかにし、よりおいしい臭いの魚肉の加熱方法を設定・開発することを目的とした。加熱した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、魚肉の低温加熱と血合肉の臭いの制御が必要不可欠が示唆された。また、加熱後の魚肉の貯蔵が臭いの好ましさを低下させ、これに脂質酸化による揮発性成分が関与している可能性が示めされた。さらに、真空包装が魚肉の貯蔵・再加熱後の品質劣化を抑制する有用な方法であることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ハマチの加熱後の臭い成分を各部位ごとに評価した学術的意義は大きい。また、再加熱前の貯蔵による臭い変化に寄与する成分を特定し、それらを制御する技術を開発した意義は、学術的かつ社会的に大きい。臭い指標を基準として品質良好な魚肉加工品を提供できる本研究は、臭いにより喫食が不可能である患者、より高品質の商品を求める一般消費者にとって価値があるだけでなく、輸出品としての産業競争力の強化の面においても意味がある。

研究成果の概要(英文)：In order for everyone to enjoy good quality of fish, it is necessary to investigate the odor of raw fish as well as heated fish, including those that have been reheated and stored before reheating. The objectives in this study are to identify the components that contribute to the odor change of each part of fish meat due to heating, reheating and storage before reheating. In addition, we tried to set up and develop heating conditions and heating methods for fish meat with a more delicious odor. It was suggested that low-temperature heating and suppression of dark muscle odor are necessary to ensure the safety of heated meat as well as improve its mouthfeel. In addition, the storage of fish meat after heating decreased the odor preference and volatile components generated by lipid oxidation might be involved in this deterioration. Furthermore, it has been clarified that vacuum packaging is a useful method for suppressing quality deterioration of fish meat after storage and reheating.

研究分野：食品科学

キーワード：臭い 魚 加熱 ハマチ 揮発性成分 GC/MS 臭いかぎ分析 臭い成分

## 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、しかも、脂質には EPA や DHA などの n-3 系の脂肪酸が多く含まれる。これらの脂肪酸には、抗血栓作用、抗炎症性及びアルツハイマー病などの脳疾患の予防効果などさまざまな機能があるとされている。また、国民 1 人当たりの魚介類供給量と平均寿命の関係を見ると、魚介類の供給量が多い国ほど平均寿命が長い傾向が認められている。そのため、老若男女を問わず摂取してほしい食品の一つである。しかしながら、魚肉は貯蔵及び加熱による臭いの変化・劣化が著しく、この臭いが魚嫌いの要因の 1 つになっている。また、病院においては、魚の臭いにより患者の食欲が低下する事例も認められる。したがって、臭いは、色、味、物性と並んで品質に関して非常に重要な要素であるが、魚の場合、最重要視すべき品質項目であるといえることができる。そのため、魚肉の臭い成分を明らかにし、それらに基づいて品質の劣化を最小限に抑える技術を確認することは非常に重要である。一方、加熱した魚の臭いに関与している成分にトリメチルアミンがある。また、ハマチなどの赤身魚は、脂質含量が多く、しかも不飽和脂肪酸を多く含むために、その臭いにアルデヒドやケトンなどの脂質酸化物が大きく寄与していると考えられている。これまでに、加熱した魚の臭いに関して、揮発性成分の分析を行った研究は多いものの、関与する臭い成分を特定している研究はごく一部である。さらに、これらの報告は普通肉が中心であり、臭いへの関与が高いと考えられる血合肉と普通肉の各部位を比較して論じたものは見当たらない。

一方、クックチルシステム(ニュークックチルシステムを含む)は、加熱調理した食品を急速冷却、チルド(0~3℃)状態で低温保存し、必要な時に再加熱して提供するシステムである。このシステムは、人件費の削減、労働環境の改善や安全性の向上などのメリットがあり、病院をはじめとして外食産業やケータリングなどで採用されている。クックチルシステムに関する研究はこれまで牛肉の脂肪酸への影響などさまざまな報告が行われているが、魚肉の臭いに注目した研究は、ハマチの揮発性成分に対する再加熱前貯蔵の影響を検討した我々の研究を除いて見当たらない。また、魚肉の脂肪酸組成や脂質酸化に関して再加熱前の貯蔵や再加熱の影響を検討した報告例は見られるが、揮発性成分の変化に関してはほとんど知見がなく、さらに、再加熱や再加熱前貯蔵により変化する臭い成分を特定した研究については皆無である。

### 2. 研究の目的

我々は、これまで生の魚肉について、各部位の貯蔵前および貯蔵中の臭いに寄与する成分を明らかにし、その臭いを制御する方法を開発してきた。しかしながら、だれもが魚をおいしくいただくためには、加熱(再加熱や再加熱前の貯蔵を含む)した魚の臭いについても検討する必要があるが、これまでの研究は、申請者らの再加熱前の貯蔵による揮発性成分の定量のみに留まっており、今後、臭いに重要な成分を特定し、制御する必要があるが未解明のままである。そこで、本研究は、魚肉の各部位の加熱・再加熱さらに再加熱前の貯蔵による臭いの変化に寄与する成分を明らかにし、さらには、より良い(おいしい)臭いの魚肉の加熱処理方法を設定・開発することを目的に、加熱条件の違いや再加熱がブリ肉各部位の臭い成分に及ぼす影響(実験 1 および 2)、加熱後の貯蔵がブリ肉の脂質酸化および臭いに及ぼす影響(実験 3)および真空包装が加熱後に貯蔵したブリ肉の臭いに及ぼす影響(実験 4)について検討した。

### 3. 研究の方法

実験 1 試料調製は、広島市内の小売店から購入した養殖ブリ 6 尾を用いた。ブリ肉は、各部位(肩肉・腹肉・血合肉)に分け、厚さ 1cm のスライスにし、スチームコンベクションオーブンをういて加熱を行った。加熱条件は、庫内設定温度 90℃・6 分間(中心温度 90℃到達後、90 秒間温度保持)、庫内設定温度 80℃・4 分間(中心温度 75℃到達後、60 秒間温度保持)、庫内設定温度 63℃・30 分間の 3 条件とした。以下、それぞれの試料を 90℃ 試料、75℃ 試料、63℃ 試料とする。未加熱試料と加熱試料は、プラスチックラップ/フリーザーを用いて急速冷凍し、分析まで -80℃ で保存した。脂質酸化指標として、過酸化価(POV)およびチオバルビツール酸反応性物質(TBARS)を測定した。それぞれは、蛍光および比色法により定量した。脂肪酸組成は、抽出した脂質の脂肪酸をメチル化後、GC-FID により分析を行った。揮発性成分は、SPME 法により揮発性成分の捕集を行い、同定および半定量は GC-MS により行った。臭いかぎ分析は、臭いかぎ装置を装着した GC-FID を用い、臭いの強度を 5 段階で評価した。Trimethyl amine(TMA)の定量・臭いかぎ分析は、臭いかぎ分析と同様の方法で行った。官能評価は、各部位の加熱条件の違いに対して、臭いの評価(強さおよび好ましさ)を行った。統計解析は、IBM SPSS STATISTICS 24 を用いて、Tukey の多重比較を行った。有意水準を 5%以下とした。

実験 2 試料調製は、広島市内の小売店から購入した養殖ブリ 4 尾を用いた。試料の調製は、実験 1 と同様に行った。試料は、1 回目の加熱を行ったものを加熱試料、1 回目の加熱後、冷蔵庫で 3℃ まで冷却、その後 2 回目の加熱を行ったものを再加熱試料とした。加熱条件は、1 回目の加熱が庫内設定温度 90℃・6 分間(中心温度 90℃到達後、90 秒間温度保持)、2 回目の加熱が庫内設定温度 80℃・4 分間(中心温度 75℃到達後、60 秒間温度保持)とした。加熱および再加熱試料は、加熱後プラスチックラップ/フリーザーを用いて急速冷凍し、分析まで -80℃ で保存した。脂質酸化指標(POV および TBARS)、揮発性成分、臭いかぎ分析、TMA の定量・臭いかぎ分析および官能評価は実験 1 と同様の方法で行った。統計解析は、IBM SPSS STATISTICS 24 を用いて、加熱条件間は t 検定、部位間は Tukey の多重比較を行った。有意水準を 5%以下とした。

実験3 試料調製は、養殖ブリ3尾をスライスにし、未加熱試料、加熱のみの試料(HS)および加熱後に貯蔵した試料(SS)に分けた。加熱は、スチームコンベクションオーブンで行った。加熱条件は、90℃・6分(中心温度90℃到達後、90秒間温度保持)とした。貯蔵条件は3℃で3日または7日とした。一般生菌数を除き、試料は分析まで-80℃で保存した。部位として肩肉、腹肉および血合肉を用いた。一般生菌数は、コロニーカウント法により測定した。脂質酸化指標、揮発性成分、臭いかぎ分析、TMAの定量・臭いかぎ分析および官能評価は実験1と同様の方法で行った。官能評価は、各部位について臭い(強さ、酸化臭の強さおよび好ましさ)を評価した。統計解析は、未処理およびHS間にはt検定、加熱およびSS間には、HSを対照としてDunnettの多重比較、部位間にはTukeyの多重比較を行った( $P<0.05$ )。

実験4 試料調製は、養殖ブリ6尾をスライスにして用いた。貯蔵条件は、一次加熱後の同日に再加熱を行う0日試料と、一次加熱後に3℃で7日貯蔵後に再加熱を行う7日試料とした。包装条件は、未包装で加熱および再加熱を行う未包装試料、一次加熱後に真空包装した試料(VPA)および一次加熱前に真空包装した試料(VPB)とした。一次加熱は、未包装試料では90℃・6分、真空包装試料では100℃・6分30秒(ともに中心温度90℃到達後、90秒間保持)とした。また再加熱は、未包装試料では80℃・4分、真空包装試料については90℃・5分30秒(ともに中心温度75℃到達後60秒間保持)とした。試料は分析まで-80℃で保存した。各分析は肩肉と血合肉について行った。試料の分析および官能評価は、実験3と同様の方法で行った。統計解析は、0日未包装試料を対照としてDunnettの多重比較を行い、部位間の比較についてはt検定を行った( $P<0.05$ )。

#### 4. 研究成果

実験1 加熱条件の違いがブリ肉の臭い成分に及ぼす影響について検討した。POVおよびTBARSはいずれの部位も未加熱試料と比べて、加熱による有意な変化は認められなかった。脂肪酸組成は、未加熱試料と比較して、すべての加熱試料で有意な変化は認められなかった。GC-MS分析の結果、揮発性成分が141種類同定され、未同定の成分が4種類検出された。検出された揮発性成分の半定量値に加熱による大きな変化は認められなかった。臭いかぎ分析において、肩肉は13種類、血合肉では19種類の化合物の臭いが感知された。肩肉において、KI1073の2、3-PentanedioneとKI1308の1-Octen-3-oneの臭い強度が90℃試料に比べ、63℃試料で有意に弱かった( $P<0.05$ )。TMAの定量の結果、血合肉において、すべての加熱試料でTMAが検出され、加熱条件間では90℃試料が75℃および63℃試料と比べて有意に濃度が高かった( $P<0.05$ )。また、臭いかぎ分析の結果、血合肉においてのみ未加熱試料と比べ、全ての加熱試料で有意に臭いが強くなり、加熱条件間では90℃試料が63℃試料と比べて有意に臭いが強かった( $P<0.05$ )。官能評価の結果、臭いの強さは肩肉および腹肉において、90℃試料が75℃、63℃および未加熱試料と比較して有意に大きかった( $P<0.05$ )。血合肉では、90℃試料が63℃および未加熱試料と比べ、有意に臭いの強さが増した( $P<0.05$ )。また、臭いの好ましさは、腹肉では90℃試料より63℃試料が有意に好ましかった( $P<0.05$ )。部位間の比較では、いずれの加熱温度においても、血合肉は肩肉および腹肉と比較して有意に臭いが強く、好ましくないとされた( $P<0.05$ )。以上のことから、蒸したブリ肉において、加熱条件の違いが各部位の臭い成分へ及ぼす影響は、脂質酸化により発生する揮発性成分より、TMAの影響が大きいと考えられる。また、普通肉においては、低温長時間加熱が蒸した魚の最適な加熱条件である可能性がある。一方、いずれの加熱温度においても血合肉が蒸したブリ肉の好ましくない臭いに大きく寄与し、温度上昇とともに不快臭が増すことが明らかになった。したがって、加熱した魚肉の安全性を確保した上で嗜好性のより高いものにするには、魚肉を低温加熱するとともに血合肉の臭いを制御する必要があることが示唆された。

実験2 再加熱がブリ肉の臭い成分に及ぼす影響について検討した。POVおよびTBARSはいずれの部位も加熱試料と比較し、有意な変化は認められなかった。GC-MS分析の結果、揮発性成分が120種類同定され、未同定の成分が4種類検出された。脂質酸化に関連して発生するWarmed-over-flavorの主な原因化合物であるHexanal量は、肩肉および血合肉では条件間に有意な違いはなく、腹肉では再加熱試料で有意に減少した( $P<0.05$ )。臭いかぎ分析の結果、肩肉は12種類、血合肉では20種類の化合物の臭いが感知された。血合肉において、KI1383の未知の化合物が再加熱により有意に臭いが強くなった( $P<0.05$ )。TMA定量の結果、血合肉においてのみ、加熱試料と比較して再加熱試料が有意に高値を示した( $P<0.05$ )。TMAの臭いかぎ分析の結果、普通肉および血合肉ともに加熱試料と再加熱試料の間に有意な変化はなかった。官能評価の結果、血合肉において、臭いの強さは加熱試料に比べ、再加熱試料で有意に大きかった( $P<0.05$ )。以上のことから、1回目の加熱後、短期間で再加熱する場合は、脂質酸化やそれに伴う臭い変化は少ないことが示された。しかし、2回の加熱により血合肉を中心に臭いが増加し、魚肉の不快な臭気が増す可能性が示唆された。したがって、再加熱後の魚肉の臭いを低減するためには、何らかの方法で血合肉の臭いの増加を制御する必要があることが明らかとなった。

実験3 加熱後の貯蔵がブリ肉の臭い成分に及ぼす影響について検討した。一般生菌数は、冷蔵

中に有意な変化は認められず、臭いの変化に微生物は寄与しないことが示唆された。POV および TBARS とともに、SS は HS と比較して有意に高値を示し ( $P<0.05$ )、貯蔵中に脂質酸化が進行することが示された。SS において血合肉は、他の部位よりも有意に高値を示した ( $P<0.05$ )。脂肪酸組成において、7日間貯蔵した血合肉では、EPA、DHA、および多価不飽和脂肪酸の減少傾向が認められ、(それぞれ  $P=0.095$ 、 $P=0.085$ 、および  $P=0.071$ ) 栄養価が低下する可能性が示された。揮発性成分の分析の結果、SS では、脂質酸化によって生じる 1-penten-3-ol や propanal といったアルデヒド類、アルコール類の化合物が有意に増加し ( $P<0.05$ )、主成分分析において、正の相関があることが示された。HS との間に有意差が認められた揮発性成分の数は、肩肉の 7 日貯蔵では 17 種類、腹肉の 7 日貯蔵では 35 種類、血合肉の 7 日貯蔵では 57 種類だった ( $P<0.05$ )。臭いかぎ分析の結果、HS および SS との間に有意差は認められず、臭いの変化に寄与する化合物の特定には至らなかった。TMA の定量・臭いかぎ分析の結果、HS および SS との間に有意差はなく、臭いの変化に TMA の影響は小さいことが示された。官能評価において、SS と比較して HS が有意に好ましいと評価された ( $P<0.05$ )。血合肉では、SS の臭いの強さおよび酸化臭の強さが有意に強いと評価された ( $P<0.05$ )。したがって、加熱後の貯蔵によってプリ肉の嗜好性が低下することが明らかになった。以上の結果から、加熱後に魚肉を貯蔵することにより、臭いの好ましさが低下し、これに脂質酸化によって生成される揮発性成分が関与している可能性が示唆された。したがって、臭いの変化を防止するために、貯蔵中に生じる脂質酸化を抑える方法を検討する必要があると考えられた。

実験 4 真空包装が加熱後に貯蔵したプリ肉の臭い成分に及ぼす影響について検討した。POV および TBARS とともに 7 日未包装で有意に高値を示したが ( $P<0.05$ )、VPA および VPB 試料では増加は認められず、一次加熱の前後に関わらず真空包装によって脂質酸化が抑えられた。脂肪酸組成において、7 日未包装のみで多価不飽和脂肪酸の減少が認められた ( $P<0.05$ )。一方、真空包装は、貯蔵中に生じる多価不飽和脂肪酸の減少を防止可能であり、栄養価の低下を抑制することが示唆された。揮発性成分の分析の結果、真空包装試料では、7 日未包装試料で生じたアルデヒド類、アルコール類およびケトン類の化合物の増加が認められず、主成分分析では、7 日未包装試料とその他の試料に分離できた。これらのことから、一次加熱の前後に関わらず真空包装によって、脂質酸化から生成される揮発性成分の増加を抑制できることが明らかになった。臭いかぎ分析の結果、肩肉では 7 日未包装試料で TMA 様臭が有意に強いと評価された ( $P<0.05$ )。一方、血合肉ではいずれの条件でも有意差は認められなかった。TMA の定量および臭いかぎ分析では、いずれの条件でも肩肉では、濃度・臭いの強さともに有意差は認められなかった。血合肉では、0 日および 7 日 VPA において TMA 濃度が有意に増加したが ( $P<0.05$ )、臭いの強さにおいて有意差は認められなかったため、臭いの変化に寄与しないことが示された。官能検査の結果、両真空包装試料では、貯蔵後の臭いの強さ・酸化臭の増加および血合肉における臭いの好ましさの低下が抑えられた。したがって、プリ肉を貯蔵前に真空包装することによって臭いの劣化を低減できることが示された。以上の結果から、魚肉を一次加熱の前後に関わらず真空包装して貯蔵することにより、未包装で貯蔵した場合に生じる脂質酸化や不飽和脂肪酸の分解による栄養価の低下、臭いの劣化を抑えることが可能であり、真空包装は魚肉の品質劣化を抑制する有用な方法であることが示唆された。

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 2件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Kitabayashi, Shota Tanimoto, Haruka Kikutani, Tomoko Ohkita, Ryota Mabuchi, Mitsuya Shimoda	4. 巻 85
2. 論文標題 Effect of nitrogen gas packaging on odor development in yellowtail <i>Seriola quinqueradiata</i> muscle during ice storage	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Fisheries Science	6. 最初と最後の頁 247-257
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） <a href="https://doi.org/10.1007/s12562-018-1253-y">https://doi.org/10.1007/s12562-018-1253-y</a>	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 該当する

1. 著者名 Shota Tanimoto, Haruka Kikutani, Kaori Kitabayashi, Tomoko Ohkita, Rino Arita, Sayaka Nishimura, Remi Takemoto, Ryota Mabuchi, and Mitsuya Shimoda	4. 巻 84
2. 論文標題 Qualitative changes in each part of yellowtail <i>Seriola quinqueradiata</i> flesh during cold storage	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Fisheries Science	6. 最初と最後の頁 135-148
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s12562-017-1157-2	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 該当する

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 谷本昌太, 濱川祐実, 石坂萌々, 馬淵良太
2. 発表標題 真空包装が加熱したブリ肉の臭い成分に及ぼす影響
3. 学会等名 平成31年度日本水産学会春季大会（東京都）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 濱川祐実, 馬淵良太, 谷本昌太
2. 発表標題 二次加熱がブリ肉の臭い成分に及ぼす影響
3. 学会等名 平成30年度日本水産学会秋季大会（東広島市）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 濱川祐実・内山真希・岡田祥子・馬淵良太・谷本昌太
2. 発表標題 加熱条件の違いがブリ肉の臭い成分に及ぼす影響
3. 学会等名 平成30年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 濱川祐実・岡田祥子・内山真希・馬淵良太・谷本昌太
2. 発表標題 加熱条件の違いがブリ肉の脂質酸化および嗜好性に及ぼす影響
3. 学会等名 平成30年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 北林佳織（県立広島大院，比治山大）・菊谷遥香（県立広島大院）・大北智子・馬淵良太・谷本昌太（県立広島大人間文化）・下田満哉（九大院農）
2. 発表標題 ハマチ肉の貯蔵中の品質変化におよぼす窒素置換包装の影響
3. 学会等名 平成28 年度日本水産学会秋季大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 谷本昌太（県立広島大人間文化）・菊谷遥香（県立広島大院）・大北智子（県立広島大人間文化）・北林佳織（県立広島大院，比治山大）・馬淵良太（県立広島大人間文化）・下田満哉（九大院農）
2. 発表標題 ハマチ肉の貯蔵中における臭い成分の変化におよぼす窒素置換包装の影響
3. 学会等名 平成28 年度日本水産学会秋季大会
4. 発表年 2016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
--	---------------------------	-----------------------	----