

機関番号：16301

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2009～2010

課題番号：21830076

研究課題名（和文） 食品の品質を見分けるための臭いリテラシー学習教材の開発

研究課題名（英文） Development of teaching materials on smell literacy to evaluate food quality

研究代表者 谷本 昌太 (TANIMOTO SHOTA)

愛媛大学・教育学部・准教授

研究者番号：80510908

研究成果の概要（和文）：

食品の品質を見分け、安全で安心な生活を行うための臭い教材（臭いリテラシー学習教材）を開発する目的で以下の実験を行った。ハマチ筋肉の揮発性成分の冷蔵中における変化を明らかにした。この中で、血合肉が新鮮なおよび鮮度低下したハマチの臭いに大きく寄与していることが示唆された。血合肉の臭い成分値を参考にして、鮮度低下したハマチの臭い標準見本を市販の試薬を用いて作成した。併せて、魚の外観を利用した視覚による品質判定のための教材開発および標準見本の教材化について検討を試みた。

研究成果の概要（英文）：

To develop teaching materials on smell literacy to evaluate food quality for safe and anxiety-free lives, the experiments are performed as follows. Changes in volatile compounds of yellowtail muscle during refrigerated storage were clarified. It was suggested that dark muscle contributes largely to smell of fresh as well as deteriorated fish muscle. Reference standards for fresh and non-fresh smells of yellowtail are made based on GC peak area of volatile compounds from dark muscle using commercial reagents. In addition, development of teaching materials for visual quality judgment of fish using its appearance and the investigation to use the reference standards for teaching materials were tried.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,070,000	321,000	1,391,000
2010年度	960,000	288,000	1,248,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,030,000	609,000	2,639,000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：教育学・教科教育学

キーワード：教育学、食品、教材開発

1. 研究開始当初の背景

新しい中学校学習指導要領の中で改善の基本方針として“心身ともに健康で安全な食生活のための食育の推進を図るため、食事の

役割や栄養・調理に関する内容を一層充実するとともに、社会において主体的に生きる消費者をはぐくむ視点から、消費の在り方及び資源や環境に配慮したライフスタイルの確

立を目指す指導を充実する。”と述べられている。指導内容については“食品の品質を見分け、用途に応じて選択できること。”とされている。食育基本法との関連については“「食に関する知識と食を選択する力を習得し、健全な食生活を実践することができる人間を育てる」ことが求められている。”となっている。一方、食育基本法では、第八条食品の安全性の確保等における食育の役割について規定されている。

食品の鮮度（品質）を見分け、選択することは、安全で安心な食生活を営むために重要である。また、食の安全・安心を脅かす事件が多発する現在、国民のこれらに対する関心は非常に高い。しかしながら、食形態の変化や食生活の乱れなどにより、食品の鮮度を見分け、良好な品質の食品を摂取する能力が養われているとは言い難い。元来、人間は色、味、香り等の感覚機能を駆使して食品の鮮度を見分けてきた。視覚（色）の変化については理解しやすく、写真等を使用することで教材化も簡単である。一方、臭覚（香り）については、生物が元来危険を察知するために備わった機能であり、感度も高く、食品の鮮度判定に最も都合の良い感覚である。しかしながら、香りを用いて判別を行うためには、ある程度の経験が必要である。また、実教育現場において、鮮度を低下させた食品を用いた場合、食中毒等の危害や授業の準備が煩雑になるなど問題がある。したがって、臭い標準見本及びそれを用いた教材の開発を行い、簡便に品質を見分けるための教育実践を行うことは、非常に有意義と考える。さらに、食品の鮮度学習について、写真を用いて外観変化を同時に観察させることでより効果的な学習が可能となる。

食品の臭い（香り）成分についてこれまで多くの報告がされている。一方、ガスクロマトグラフィー等の分析技術の発達により、より高度で高感度な分析が簡便に行われるようになってきている。したがって、分析定量した成分に基づいて臭いの再構成が可能であると考えられる。我々はこれまで魚介類を原料とする食品として煮干しの香气成分について明らかにした。また、食品の品質変化に関して、生酒の香气劣化防止について報告してきた。魚介類の香りについては、これまで様々な種に関して香りの分析が行われている。しかしながら、生の魚の鮮度低下に伴う香气成分変化に関する報告は少ない。一方、すでに報告がされている種についても新たな方法で分析・再評価する必要があると考える。

臭い標準見本は、清酒において特徴香及び劣化臭について作成され、品質管理及び新製品開発に不可欠な官能評価を行うための教育訓練に使用されている。また、ビール、その他の酒類においてもその劣化臭及び特徴

香の標準見本が作成されている。したがって、魚の鮮度判定のための臭い標準見本を作成することは、中・高等学校における教材開発の材料として有益だけでなく、魚介類に関わる様々な産業における教育訓練用としても非常に有用である。

2. 研究の目的

新学習指導要領（中学校、技術・家庭、家庭分野）中で食品の品質を見分け、用途に応じて選択できること、また、食育基本法においても食に関する知識と食を選択する力を習得することが求められている。食品の品質（鮮度）を見分け、選択することは、安全で安心な食生活を営むために重要である。また、食の安全・安心を脅かす事件が多発する現在、国民のこれらに対する関心は非常に高い。しかしながら、食形態の変化や食生活の乱れなどにより、食品を見分け、良好な品質の食品を摂取する能力が養われているとは言い難い。

そこで、本研究では、家庭科教育において食品の品質を見分ける力を養う上で、効率的、効果的かつ実践的に学ぶことのできる教材の開発を目的として、品質低下に対応した臭い成分を明らかにし、それらを用いて品質判定のための臭い標準見本を作成するとともに、最終的には、この標準見本をもとに臭い教材（臭いリテラシー学習教材）を開発し、食品の品質を見分け（安全な魚を選ぶ）、安全で安心な生活を行うための教育実践を行う。

3. 研究の方法

(1) 試料として松山市内で購入した生きたハマチを用いた。ハマチは、延髄を切断することで即殺され、フィレにした試料を氷蔵して研究室に持ち帰った。フィレを厚さ 0.5 cm にスライスし、表面の乾燥を防止するために、スライスをそれぞれポリエチレンフィルムで覆った。冷蔵は、5 および 10°C の 2 通りの条件で行った。分析には、背肉の普通肉、および血合肉を用いた。

(2) 試料の調製では、まず、筋肉 3 g に飽和食塩水 15 g を加え、氷冷しながらガラスホモゲナイザーにより均質化を行った。揮発性成分の分析は、固相微量抽出 (SPME) 法により成分を捕集後、ガスクロマトグラフ ((株) 島津製作所製 GC-14A) を用いて行った。すなわち、30 mL のバイアル瓶に均質化した試料液 15g を添加し、ねじ口の蓋で密栓した。揮発性成分を 40°C で 60 分間ヘッドスペースに平衡化し、40°C で 30 分間ファイバーに吸着させた。SPME ファイバーは、最も適切な吸着特性を示した 75 μm carboxen/polydimethylsiloxane (Supelco® Analytical) を用いた。ガスクロマトグラフ

への揮発性成分の導入は、SPME ファイバーを注入口 (230°C) にスプリットレスモードで1分間保持して捕集成分を加熱脱着することで行った。ガスクロマトグラフ分析は、以下の条件で行った。検出器、FID; カラム、Agilent Technologies 社製の化学結合型のシリカキャピラリーカラム DB-wax (i. d. 0.32 mm × 30 m, 膜厚 0.5 μm); カラム温度、35°C で10分間保持後、35~230°C (4°C昇温/分); キャリアーガス、He; カラム内線速度 20 cm/秒とした。成分の同定は、kovats インデックス および GC/MS により行った。GC/MS 分析は、以下の条件で行った。装置、Magnum (Finnigan MAT、Varian GC3400); カラム温度等の分析条件、GC 分析に準ずる; イオン化モード、EI/CI; 走査、full scan モード (26~250 amu/秒); イオントラップ・マニホール温度、220°C; データ処理、Magnum ライブラリーサーチシステムとした。

表1 5°Cで貯蔵したハマチ普通肉の揮発性成分の変化

Compounds	Fresh	1d
Unknown	ND	Traces
Unknown	ND	ND
Propanal	15713 ± 2819	24653 ± 3633
2-Propanone	ND	ND
Unknown	ND	ND
Butanal	Traces	1189 ± 598
Unknown	ND	ND
Ethanol	ND	ND
Unknown	ND	ND
2-Ethylfuran	ND	ND
Pentanal	3148 ± 1060	5762 ± 1273
Unknown	ND	Traces
1-Penten-3-one	Traces	1483 ± 469
Methylbenzene+(z)-2-Butenanal	5705 ± 1713	7765 ± 3489
2,3-Pentadione	8635 ± 1012	13029 ± 1918
Hexanal	14105 ± 3934	19401 ± 3548
Unknown	ND	ND
Ethylbenzen	ND	Traces
(E)-2-Pentenal	1551 ± 474	1644 ± 256
Ethylbenzen	ND	1100 528
1,4-Dimethylbenzene	1863 ± 507	3121 ± 1291
1,3-Dimethylbenzene	ND	ND
1-Penten-3-ol	13756 ± 2470	20800 ± 6687
2-heptanone	1481 ± 397	2126 ± 747
Heptanal	1109 ± 529	2938 ± 408
Limonene	ND	Traces
Unknown	ND	1276 414
(E)-2-hexenal	ND	ND
Unknown	ND	1584 369
Unknown	ND	4915 1244
1,3,5-Triethylbenzene	1460 ± 159	2250 ± 371
1-Pentanol	1414 ± 150	1568 ± 233
Ethylbenzen	ND	2426 ± 756
1,2,4-Triethylbenzene	ND	10193 ± 2495
Unknown	ND	ND
Octanal	ND	1934 ± 898
Unknown	ND	ND
(E)-2-Penten-1-ol	ND	ND
(Z)-2-Penten-1-ol	2675 ± 307	3853 ± 594
1,2,3-Triethylbenzene	1839 ± 228	2911 ± 744
Unknown	ND	ND
Unknown	ND	ND
Nonanal+Unknown	ND	2841 ± 1029
(E,Z)-2,4-hexadienal	ND	ND
(E,E)-2,4-hexadienal	ND	ND
Unknown	Traces	ND
1-Octen-3-ol	ND	ND
Unknown	ND	ND
(E,Z)-2,4-heptadienal	Traces	1352 ± 177
1,5-Octadien-3-ol	ND	ND
Unknown	5239 ± 642	6275 ± 1014
2-Ethyl-1-hexanol	ND	ND
(E,E)-2,4-heptadienal	Traces	1061 ± 488
(E,Z)-3,5-Octadien-3-one	ND	ND
Benzaldehyde	ND	Traces
(E,E)-3,5-Octadien-2-one	ND	ND
(E,Z)-2,6-Nonadienal	ND	ND
Unknown	ND	ND

Average ± SD of peak area (n=3), ND: Not detected, Traces: peak area below 500.

(4) 臭い標準見本の作成については、上記の方法により同定された揮発性成分の標品を、まず、メタノールに溶解後、適当な濃度になるように0.9%生理食塩水(w/v)で希釈した。この溶液15gを用いて、ハマチ筋肉と同様の方法で揮発性成分をSPMEファイバーに吸着させ、GCにより分析を行った。標品のピーク面積とハマチ筋肉の対応した成分のピーク面積を比較することで、品質の低下したハマチの臭い標準見本の作成を行った。

(5) 生菌数の測定は、以下の通り行った。試料5gを45mLの希釈水(2.5% NaCl, 0.25% MgSO₄ · 7H₂O)とともにホモジナイズしたものを試料原液とし、必要に応じて段階的に希釈を行った。この希釈液を2.5%食塩添加SPG寒天培地(ペプトン5g, 魚肉エキス5g, グルコース1g, NaCl 25g, MgSO₄ · 7H₂O 2.5g, KCl 1g, 寒天15g, 蒸留水1000mL, pH 7.5)に混釈し、20°Cで7日間培養後のコロニー

表2 5°Cで貯蔵したハマチ血合肉の揮発性成分の変化

Compounds	Fresh	1d
Unknown	Traces	1750 ± 401
Unknown	ND	ND
Propanal	19466 ± 747	38804 ± 4834
2-Propanone	ND	ND
Unknown	1325 ± 775	16374 ± 5282
Butanal	Traces	2125 ± 197
Unknown	ND	ND
Ethanol	ND	ND
Unknown	4395 ± 7556	1445 ± 2359
2-Ethylfuran	ND	2289 ± 914
Pentanal	3562 ± 318	8740 ± 1409
Unknown	ND	ND
1-Penten-3-one	7296 ± 1281	44221 ± 13751
Methylbenzene+(z)-2-Butenanal	5723 ± 1558	10702 ± 1692
2,3-Pentadione	16643 ± 2280	53579 ± 11332
Hexanal	13489 ± 2111	50499 ± 5807
Unknown	1140 ± 591	8323 2271
Ethylbenzen	ND	ND
(E)-2-Pentenal	4396 ± 869	20362 ± 5958
Ethylbenzen	Traces	1941 ± 474
1,4-Dimethylbenzene	1763 ± 527	2355 ± 337
1,3-Dimethylbenzene	ND	1777 ± 569
1-Penten-3-ol	25671 ± 2144	60032 ± 11945
2-heptanone	1350 ± 426	1578 ± 280
Heptanal	1064 ± 510	4791 ± 189
Limonene	ND	ND
Unknown	Traces	1004 ± 442
(E)-2-hexenal	1669 ± 332	8796 ± 2268
Unknown	1158 ± 748	2398 ± 161
Unknown	3836 ± 1677	5303 ± 466
1,3,5-Triethylbenzene	2261 ± 874	3951 ± 998
1-Pentanol	1715 ± 324	2703 ± 109
Ethylbenzen	1787 ± 841	2267 ± 573
1,2,4-Triethylbenzene	7969 ± 2910	10380 ± 1231
Unknown	ND	1665 ± 855
Octanal	1010 ± 515	2940 ± 1066
Unknown	ND	3974 ± 1489
(E)-2-Penten-1-ol	ND	2183 ± 549
(Z)-2-Penten-1-ol	6264 ± 686	20122 ± 4167
1,2,3-Triethylbenzene	2267 ± 932	3183 ± 239
Unknown	ND	ND
Unknown	ND	1053 ± 489
Nonanal+Unknown	2004 ± 299	5644 ± 653
(E,Z)-2,4-hexadienal	ND	ND
(E,E)-2,4-hexadienal	ND	2396 ± 690
Unknown	ND	1657 ± 558
1-Octen-3-ol	Traces	4482 ± 1376
Unknown	ND	Traces
(E,Z)-2,4-heptadienal	3327 ± 1090	22776 ± 7084
1,5-Octadien-3-ol	1868 ± 323	6698 ± 2419
Unknown	4939 ± 1115	5665 ± 563
2-Ethyl-1-hexanol	ND	2062 ± 615
(E,E)-2,4-heptadienal	3983 ± 1331	20120 ± 6458
(E,Z)-3,5-Octadien-3-one	ND	1260 ± 680
Benzaldehyde	Traces	1638 ± 81
(E,E)-3,5-Octadien-2-one	ND	ND
(E,Z)-2,6-Nonadienal	ND	Traces
Unknown	ND	ND

Average ± SD of peak area (n=3), ND: Not detected, Traces: peak area below 500.

数から生菌数を算出した。

(6) チオバルビツール酸 (TBA) 値の測定は、まず、細切した筋肉 0.5 g を 4.5 mL の 1.15% KCl (w/v) とともにホモゲナイズした。懸濁液 0.5 mL に 1% リン酸 0.3 mL (w/v) および 0.67% 2-チオバルビツール酸を加えてよくかくはん後、沸騰水中で 45 分間加熱した。室温まで急冷した後、n-ブタノールを加え、再びよくかくはんした。1700 g で 10 分間遠心分離後、ブタノール層の 535 nm における吸光度を測定した。検量線作成のためにエタノールに溶解した

1, 1, 3, 3-tetraethoxypropane を用いた。TBA 価は試料 1g 中のマロンアルデヒドの nmol 量として表わした。

(7) 官能検査は、筋肉のスライス (刺身の切り身の状態) と魚全体について行った。項目としては、色と臭いについて評価した。色については、スライス、魚全体、目、エラについて写真撮影を行った。

4. 研究成果

(1) 冷蔵条件 (5 および 10°C) で貯蔵試験

(2 および 1 日) を行った。表 1 および 2 に普通肉および血合肉の揮発性成分の分析結果の一部を示す。分析の結果、新鮮魚の普通肉および血合肉から、アルコール 5 および 4 成分、カルボニル化合物 12 および 17 成分、炭化水素 4 および 7 成分、さらにその他化合物 0 および 1 成分をそれぞれ同定した。一方、鮮度低下魚 (5°C、2 日) の普通肉および血合肉から、アルコール 5 および 8 成分、カルボニル化合物 15 および 23 成分、炭化水素 9 および 10 成分、さらにその他化合物 0 および 1 成分をそれぞれ同定した。新鮮魚において血合肉は、普通肉と比べて、同定された成分の数が多く、ピーク面積も大きい値を示した。10°C 貯蔵の普通肉を除いて血合肉、普通肉ともに 5°C および 10°C 貯蔵においてほとんどの揮発性成分が増加した。一方、10°C 貯蔵の普通肉では、貯蔵中にほとんどの成分で大きな増加は認められなかった。貯蔵後についても、血合肉の揮発性成分は、普通肉と比べて大きなピーク面積を示した。したがって、血合肉がハマチの臭いに大きく関与していることが示唆された。血合肉は一般的に普通肉と比べて臭いが強く、その臭いが劣化しやすいと言われている。また、血合肉は、脂質含量が普通肉と比べて高く、ミオグロビンなど酸化に関与する物質が含まれることから、酸化を受けやすいことが報告されている。したがって、これらのことは今回の結果を強く支持している。

(2) 血合肉がハマチの臭いに大きく寄与すると考えられたことから、血合肉のピーク面積を参考にして、市販の試薬 22 成分を用いて新鮮なおよび鮮度低下したハマチの臭い

の再構成を行った。生理食塩中で作成した臭い標準見本の各成分濃度を表 3 に示す。新鮮魚ではこれら成分は 0.0~2.7 mg/L の範囲であった。一方、鮮度低下魚では、 $0.1 \times 10^{-2} \sim 3.2 \times 10^2$ mg/L の範囲となり、最高で貯蔵前の 67 倍になった。標準見本とハマチの臭いを新鮮魚および鮮度低下魚それぞれと比べた結果、両者ともに標準見本の臭いは実際のハマチの臭いと比べて青臭かった。したがって、今回標準見本に使用した成分の他に、ハマチの臭いに対して重要な成分があると考えられた。

表3 鮮度低下したハマチの臭い標準見本

化合物名	新鮮魚	鮮度低下魚
Propanal	2.7×10^1	2.4×10^2
Butanal	5.4×10^{-2}	1.4×10^{-1}
2-Ethylfuran	0.0×10^{-2}	0.3×10^{-2}
Pentanal	5.4×10^{-2}	1.4×10^{-1}
1-Penten-3-one	5.7×10^{-2}	5.7×10^{-1}
(z)-2-Butenal	5.7×10^{-2}	2.8×10^{-1}
2,3-Pentadione	1.9×10^1	3.2×10^2
Hexanal	5.4×10^{-2}	5.4×10^{-1}
(E)-2-Pentenal	2.9×10^{-1}	5.7×10^{-1}
1-Penten-3-ol	1.4×10^{-1}	1.4×10^0
Heptanal	0.3×10^{-2}	1.4×10^{-2}
Limonen	0.0×10^{-2}	0.1×10^{-2}
(E)-2-hexenal	1.4×10^{-2}	8.5×10^{-2}
1-Pentanol	2.7×10^{-2}	5.4×10^{-2}
Octanal	0.5×10^{-2}	1.4×10^{-2}
(E)-2-Penten-1-ol	1.4×10^{-2}	3.7×10^{-1}
(Z)-2-Penten-1-ol	4.2×10^{-1}	2.3×10^0
Nonanal	0.3×10^{-2}	0.3×10^{-2}
1-Octen-3-ol	0.3×10^{-2}	7.0×10^{-2}
2-Ethyl-1-hexanol	1.4×10^{-2}	3.0×10^{-2}
(E,E)-2,4-heptadienal	0.9×10^{-2}	6.0×10^{-1}
Benzaldehyde	0.4×10^{-2}	1.8×10^{-2}

単位: mg/L, 各試薬をメタノールに溶解後、生理食塩水に希釈した。

(3) 図 1 にハマチ筋肉中の生菌数の測定結果の一部を示す。揮発性成分の分析を行った 5°C、2 日および 10°C、1 日の貯蔵条件では、生菌数が、 10^3 cfu/g のオーダーであり、大きな増加は認められなかった。したがって、今回の貯蔵条件もとの揮発性成分の増加に微生物の関与は小さく、主に脂質酸化に由来するものと考えられた。これらの結果は、

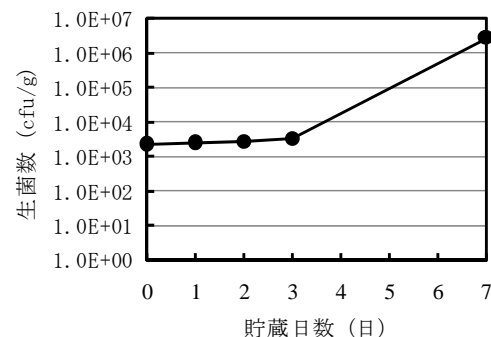


図 5°C で貯蔵したハマチ普通肉の生菌数の変化

貯蔵初期の魚の臭いの変化に微生物の関与

は少なく、主に脂質酸化に由来しているというこれまでの報告と一致している。

(4) ハマチの臭いの生成に関して、今回の貯蔵条件において微生物の関与は小さく、脂質酸化によるものと考えられたことから、生体内脂質の酸化指標である TBA 値の測定を行った。図 2 に TBA 値の測定結果の一部を示す。普通肉では 5 および 10°C の両貯蔵条件において、TBA 値の増加は認められなかった。一方、血合肉の場合、5°C では貯蔵 1 日目以降に、10°C では 1 日目に TBA 値の増加が認められた。揮発性成分の分析の結果、同定された成分の多くは、脂質酸化の分解物と考えられる低分子のアルデヒドやケトンなどのカルボニル化合物であった(表 1 および 2)。したがって、TBA と反応可能なマロンジアルデヒドのような二次生成物が生じる前に揮発性成分の生成が起きていると示唆された。また、血合肉の TBA 値は、貯蔵前、貯蔵後ともに普通肉と比べて高い値を示した。このことは、血合肉が、普通肉と比べて大きな酸化ストレスに曝されており、したがって、新鮮魚、鮮魚低下魚ともに普通肉と比べて高い揮発性成分のピーク面積を示すことを強く支持している。

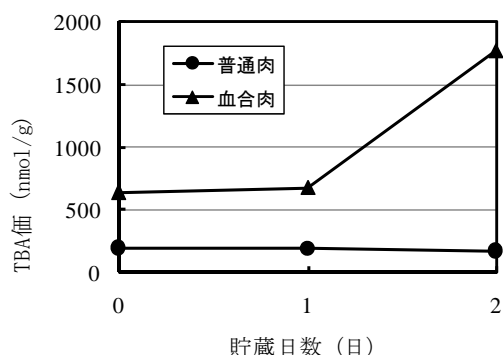


図 2 5°C で貯蔵したハマチ筋肉の TBA 値の変化

(5) 品質判定ための教材の開発を目的に 10°C で貯蔵したハマチの写真撮影と官能検査を行った。図 3 に貯蔵したハマチの写真の一部を示す。スライスの場合、血合肉の色の変化が大きく、貯蔵 1 日目にメト化による褐色化が認められ、2 日目には全体が褐色となった。普通肉は血合肉と比べて色の変化が少なく、貯蔵日数の増加とともに徐々に光沢が失われてくすんだ色となった。目の色は貯蔵前の光沢のある黒から貯蔵 1 日目で白濁した。エラは貯蔵時間の増加とともに鮮赤色が失われ、貯蔵 3 日目に茶色となった。臭いは切り身の場合、貯蔵中、徐々に増加し、生臭さが増していくのに対して、ハマチ全体の場合、大きく変化し、貯蔵 2 日目には腐敗臭を発生した。したがって、図 3 が示すように魚の外観は、品質を見分けるために有用な教材になり得ることが改めて示唆された。一方、臭い

標準見本については現段階ではまだ不十分ではあったが、さらなる研究の進展により、魚の臭いの教材化と魚の外観等を利用した視覚による教材を組み合わせた品質判定のための教材の開発が可能と考えられる。

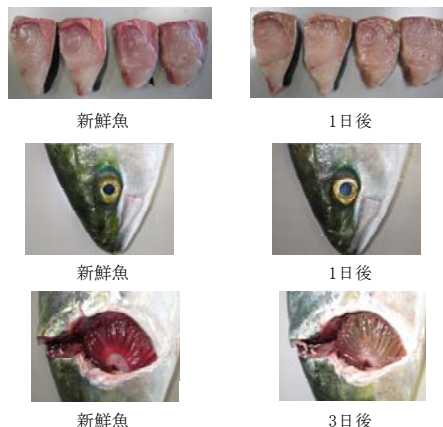


図 3 10°C で貯蔵したハマチの切り身、目およびエラの写真

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 0 件)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

谷本 昌太 (TANIMOTO SHOTA)

愛媛大学・教育学部・准教授

研究者番号：80510908

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者