

学 位 論 文 題 名

未利用魚と廃棄物の利用加工に関する研究

学位論文内容の要旨

全国各地域には、その風土や環境に適した産業があり、例えば愛媛県では練り製品原料としてスケトウダラよりはエソやグチが多く用いられているが、原料魚の不足から、これまで蒲鉾ゲル形成能が低く未利用であったトカゲソの有効利用が求められている。一方、ハマチ養殖の生産量の増大に伴い、また流通形態が活魚、ラウンド出荷から切り身フィレーンによる出荷に急速に変化してきたために、生産地に多量の残渣が残され廃棄物処理が大きな問題となっており、この利活用が必要とされている。本研究ではそれらの問題解決の一端として四項目について検討した。すなわち(1)トカゲエソのゲル形成能が劣る原因を明らかにし、これを高級かまぼこの原料魚として活用する技術開発を行った。(2)では養殖ハマチの加工残渣である頭部から魚油を抽出し、それを練り製品や養鶏飼料へ有効利用する方法を検討した。(3)では魚の中骨を脆弱化して食用化する技術と、脆弱化の機構について検討した。(4)では脆弱化した中骨を食品素材とするため微粉末化及びペースト化し、それらの保存方法について検討した。得られた結果は次の通りである。

(1)未利用魚（トカゲエソ）の練り製品化

トカゲエソの鮮度低下が速く、かまぼこゲルの形成能が低い原因を明らかにするために、一般成分の時期的変動、筋肉タンパク質中のミオシン、貯蔵中のプロテアーゼの影響、トリメチルアミンオキサイド（TMAO）関連化合物の変化について調べた結果、ゲル形成能が低い一因として

、水溶性タンパク質量が比較的多くミオシンの比率が低いことがわかったが、主因はTMAOの分解によるホルムアルデヒドの生成によることを明らかにした。トカゲエソ肉中にはTMAOが約25mmol/kgと多量に含まれており、氷蔵中に分解されて、ホルムアルデヒドを生成した。この量は氷蔵中に増大し、2～3日の貯蔵でゲル形成能が失われるレベルに達することをホルムアルデヒドの添加試験から明らかにした。かまぼこ原料として用いられているグチにも多量のTMAO（53mmol/kg）が存在するが分解経路が異なり、ホルムアルデヒドを生成しなかった。しかし、グチ肉にホルムアルデヒドを添加するとトカゲエソと同様にゲル形成能が失われた。これらの結果からトカゲエソ肉は鮮度の良いうちに水晒しを行いTMAOを除去し、同時に水溶性タンパク質を除いてミオシンの濃度を高めることがゲル形成能を高めるうえで有効な方法であることを示した。また、アルカリ晒しでpHを中性にすることも効果があった。

（2）養殖魚などの未利用部位（頭部）の利用

愛媛県は全国第2のハマチ養殖の生産量を上げているが、多量の加工残渣を生じている。その内、頭部と中骨は魚体のおよそ14%と10%を占めている。頭部の約24%は脂質であり、健康性機能成分として知られているEPA、DHAは脂質のそれぞれ6.6%、12.8%含まれる。そこで、頭部の魚油を利用することとした。頭部からの脂質は粉碎した頭部を湯煮して抽出し、遠心分離により調整した。得られた脂質を練り製品（ジャコ天ぷら）に強化することを試みたところ添加量は10%までは弾力性に影響しなかったが、5%が適当であると決定した。加熱温度は、180℃では3分間が最適条件であった。ジャコ天ぷらはきつね色にあげるために高温加熱を必要としたが、加熱によるEPAやDHAの損失はなかった。表皮の脂肪酸は揚げ油（大豆油）に由来するリノール酸が増加した。次に魚油の利用方法として養鶏飼料に添加して、37日間給餌して飼育したところ、対照の約2.5倍のDHAが卵黄中に移行していた。また、DHAは鶏肉や肝

臓 中にも移行強化されることが示された。

(3) 魚骨の脆弱化とその機構

骨の脆弱化法としてレトルト処理、油ちょう処理、及び減圧下マイクロ波加熱乾燥処理を試みた。①ハマチ中骨をレトルト処理した場合は120℃、40分の処理で軟化した。レトルト処理では脱水があまり起こらず、Ca、P及びコラーゲン（ゼラチン）の流出も起こらないため骨の構造変化が小さく、骨の髄核も残存していた。軟化の主因は骨コラーゲンのゼラチン化によることが推定された。加水してレトルト処理した場合にはゼラチンの一部は流出して失われた。②ハマチ中骨を油ちょう（素揚げ）しても骨は脆弱化した。この場合140℃、15分；160℃、15分；180℃、3分間の処理で可食の硬さとなった。油の浸透とともに骨は脱水され髄核が消失し、脊髄中のタンパク質、脂質、Ca、P等の成分の一部が水分とともに流出することによって走査電子顕微鏡観察で直径約500 μ mの空隙が数多く生じ、骨の構成が変化して脆弱化し、食せるようになった。なお、油ちょうを減圧下で行うと骨の脆弱化にはあまり影響はなかったが、褐変が押さえられることから粉末にして食品に添加する場合には長所であった。次に③減圧下マイクロ波加熱乾燥（出力1kw、50-70℃、真空度50-300Torr）を行った場合は、真空度を下げると低温にしても骨は脆弱化した。この時、骨の髄核が消失すると同時に骨は脆くなった。これは、マイクロ波加熱の場合は骨の内部から加熱されるためであると推定された。推体の水分が減少し、コラーゲンのゼラチン化、再固化が起こった。CaとPの一部は水分の流出に伴って減少し多孔質となり、骨が脆くなり食せるようになることが明らかになった。

(4) 魚骨の利用技術

上述した方法で骨を脆弱化することができたので、レトルト処理した骨を微粉末化して、食品素材化を試みた。ハマチの中骨にはかなり多量

の脂質が含まれるが（乾燥中約37%）、骨をレトルト処理しても骨の脂質は減少せずに残っているために微粉末化はその粘性のために困難であった。したがって、脂質を除去してから粉末化することも考えられたが、多量に含有される脂質を残す方が栄養価を高めることができるので、本研究では、加水してからホモジナイズすることで骨の大きさを5-150 μm に微粒化することができた。この加水微粒化骨は脂質の他にゼラチンを含むので加熱すると煮こごり状のペーストとなった。魚骨粉末やペーストの保存法について検討したところ、窒素置換包装及び真空包装で、脂質を安定に保存できた。微粒化骨は練り製品等に添加するとCa、EPA、DHA等を強化でき、付加価値を高めることができた。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 関 伸 夫
副 査 教 授 猪 上 徳 雄
副 査 助 教 授 佐 伯 宏 樹

学 位 論 文 題 名

未利用魚と廃棄物の利用加工に関する研究

本論文はこれまでねり製品の原料魚として利用されてこなかったトカゲエソの有効利用とハマチ養殖の生産増に伴い従来の活魚輸送およびラウンド流通から最近のフィレー流通へと流通形態の変化によって、生産地には頭部、中骨など多量の残渣が残されるようになり、その利用加工について研究したものである。本研究によって得られた結果は以下のように要約される。

1) 現在、ねり製品の原料はスケトウダラのすり身が全国的に使用されているが、愛媛県等ではグチ、マエソ等を主要な原料として用いてきた。しかし、最近これらの漁獲量が減少しており、これまで未利用であったトカゲエソの利用を検討した。本魚種は漁獲後の肉質の低下が速く、その原因を追究したところ、筋肉にトリメチルアミンオキシドが多量に (25 mmol/kg) 含まれ、死後、酵素的に分解されジメチルアミンとホルムアルデヒドが生成されることを明らかにした。生成したホルムアルデヒドは数ミリモルで魚肉の加熱ゲル形成能を消失させた。従来からかまぼこ原料魚として用いられているグチも多量 (53 mmol/kg) のトリメチルアミンオキシドを含むが分解経路が異なり、ホルムアルデヒドを生成しない。しかし、グチ肉に少量のホルムアルデヒドを添加するとトカゲエソと同様にゲル形成能が失われた。これらの結果から、トカゲエソ肉は鮮度の良いうちに水晒しを行い、トリメチルアミンオキシドを除去し、同時に水溶性タンパク質を除いて、ミオシンの濃度を高めることがゲル形成能を保持するうえで重要であることを示した。

2) 養殖ハマチの加工残渣である頭部は魚体のおよそ14%を占める。頭部は魚油含量が高く(頭部の24%)、しかも健康性機能を有する高度不飽和脂肪酸に富むので、これから魚油を煮採法で抽出し、それをねり製品に添加して栄養強化を図る技術を確認した。ねり製品には5%の添加が最適であった。ねり製品製造時にはEPA,DHAの損失は無かった。また、養鶏飼料にこの魚油を添加して、37日間給餌して飼育したところ、対照の2.5倍のDHAが卵黄中に移行した。さらに筋肉、肝臓、脂肪組織中にも高度不飽和脂肪酸を含有させることができた。

3) 魚骨はこれまでカルシウム源としての利用がなされてきたが、ハマチ中骨には

脂質が多量(乾物中30%以上)に含まれるので魚骨の利用にあたってはこの脂質の利用も考慮した。まず利用しやすいように魚骨の軟化、脆弱化を図るために中骨をレトルト処理、油ちょう処理、減圧下マイクロ波加熱処理によって軟化、脆弱化させる条件を設定した。化学分析と走査電子顕微鏡、X線マイクロアナライザーによる結果から、レトルト処理では中骨はほとんど脱水されないために、主に骨のマトリックスを構成しているコラーゲンのゼラチン化によって軟化した。一方、油ちょう処理では骨の髄核が崩壊して揚げ油が骨内に浸透し、マトリックスのコラーゲンがゼラチン化し、脱水に伴って溶出、またカルシウムとリン酸の溶出によってマトリックス構造が脆弱化した。減圧下マイクロ波加熱の場合は骨の内部から加熱されコラーゲンのゼラチン化が起こり、髄核の消失と脱水で、ゼラチン、カルシウム、リン酸の一部が溶出し、脆弱化した。

4) 中骨を利用するために粉末化を試みた。レトルト処理で軟化した中骨を脂質の酸化を避けるために凍結乾燥後、乾式で粉碎する方法では脂質のために粘性があり、上手く行かなかった。そこで、湿式法によって粉碎化をおこなった。この方法では骨の大きさを5-150 μm に微粒化でき、脂質は細かなミセルとなった。またゼラチンを含むので加熱すると煮こごり状のペーストとなった。微粒化した魚骨は窒素置換包装及び真空包装で脂質を安定に保存できた。微粒化骨をねり製品などに添加するとカルシウムの他にEPA,DHAを強化でき、付加価値を高めることができた。

以上のように本研究は未利用魚のねり製品原料化、廃棄物の頭部と中骨の有効利用を検討した、特に中骨の軟化・脆弱化についてはこれまで研究の少ない分野であり極めて高く評価される。したがって、審査員一同は本論文が博士(水産学)の学位を受けるのに十分な内容を有するものと認定した。