〔東京家政大学生活科学研究所研究報告　第32集，p.1～8，2009〕

鮭の頭を利用した煮こごり残渣部の抗酸化性評価と食品への活用

永塚規衣*　原田和樹**　長尾慶子*

Radical scavenging activity of the residue of the gelatin gel food 'Nikogori' made from salmon head and its practical use to foods

NAGATSUKA Norie*, HARADA Kazuki**, NAGAO Keiko*

キーワード：鮭の頭 Head of salmon，煮こごり Nikogori，残渣 Residue，醤油 Soy sauce，ペルオキシラジカル Peroxyl radical，官能評価 Sensory evaluation

1．緒　言

鮭は生鮮や冷凍の他、塩蔵品、乾燥品、フレーク、缶詰等の加工製品の原料として広く利用されている一方で、頭、骨、皮、白子などの加工残渣が産業廃棄物として多量に産出している。近年、鮭加工の際に産出されるこのような加工残渣を産業廃棄物として処理するのではなく、例えば鮭皮からコラーゲンを抽出・精製したり[1]、中骨を天然カルシウム素材として利用したり[2]、白子中のデオキシリボ核酸（DNA）をフィルターとして利用する[3]など、新たな食品素材や機能性素材として利用しようという活動が活発に行われている[4)～8)]。

我々も従来利用されずに廃棄されていた魚類の未利用部位を食物として再利用できないかと考えて、これまで鯛のあら部、鰤のあら部、鯛の鱗、鮭の頭などの様々な魚類未利用部を材料として日本の伝統食品である“煮こごり”を調製し、物性ならびに健康機能面からの実験的検討を行ってきた[9]。そして、これら未利用部位を材料として調製した“煮こごり”は、抗酸化能に優れ、且つ高齢者や咀嚼嚥下困難者に適した硬さのゲルに調製できることを明らかにした。さらに、日本の伝統的な発酵調味料である醤油を添加することによって、嗜好性並びに抗酸化性がさらに向上することも報告している[9)10)]。

本研究では次の段階として煮こごり調製後の二次廃棄物（残渣）を、さらに調理加工用副素材やペットフード用素材として利用することでゴミ量を削減し、且つ栄養・嗜好・健康機能面からも優れた食品の開発をめざしている。本報は、その一例として鮭の頭を材料とした“煮こごり”調製後の残渣をパウンドケーキの副素材として活用できないかと検討したものである。先ず初めに“煮こごり残渣”の抗酸化性に注目し、化学発光（ケミルミネッセンス）法を用いて人体に害を与えるといわれる活性酸素のペルオキシラジカルの捕捉活性を測定した。次いで、その“煮こごり残渣”を小麦粉の一部として代替し焼成したパウンドケーキの抗酸化性および嗜好性を検討し食品としての品質を評価した。得られた知見を報告する。

2．実験方法

1）実験材料

i）煮こごり材料

材料である秋鮭の頭（北海道産）は北海道釧路市の㈱カネセフーズより冷凍状態で提供を受けた。冷凍の秋鮭の頭を冷蔵庫で低温解凍後、直ちに必要量ずつを小分けにして－50℃の冷凍庫（三洋電機　BLASTFREEZER）にて急速

*　東京家政大学（Tokyo Kasei University）
**　水産大学校（National Fisheries University）

冷凍保存した。実験日の前日に5℃の冷蔵庫に移し、低温解凍させてから試料調製を行った。

調味料は一般的な市販品である本醸造醤油（キッコーマン㈱）、砂糖（新三井製糖㈱）を用いた。

ii）焼成パウンドケーキの材料

ケーキの材料は一般的な市販品である薄力粉（日清製粉㈱）、無塩バター（雪印乳業㈱）、グラニュー糖（日新製糖㈱）、ベーキングパウダー（共立食品㈱）、鶏卵（㈲横浜ファーム）を用いた。小麦粉の一部代替材料として煮こごり残渣粉末を、香味材料として適量のすりゴマ、シナモン粉末を用いた。

2）試料調製

i）煮こごりゾルの調製

約1cmの角切りにした秋鮭の頭100gを耐熱ビーカー500mlに入れ、材料全面が水に浸る水量（すなわち材料に対して60％の水60g）を加えて600Wの電熱器で加熱、沸騰後火力を300Wに調節し、蒸発水分を補いながら100℃で20分間加熱した。加熱終了後試料をろ過し、60gにメスアップしたものを対照の“水煮試料”とした。さらに、醤油を内割りで煮汁の7.5wt％、砂糖を内割りで煮汁の3.0wt％添加した“調味料添加試料”も同様に調製した。

ii）煮こごり残渣粉末の調製

1cm角切りにした未加熱の秋鮭の頭を“生試料”、水並びに調味料添加煮こごり調製後の残渣を“水煮残渣試料”並びに“調味料添加残渣試料”とした。

これら各試料を凍結乾燥用ビーカーに入れ、パラフィルム及びアルミホイルで密閉後、−50℃の冷凍庫（三洋電機　BLASTFREEZER）で一晩、予備凍結した。その後、凍結乾燥機（YAMATO FreezeDryerDC800）に二日間かけて完全に乾燥させた。乾燥終了後直ちに、ブレンダー（ViteMix Blender ABSOLUTE）およびミルサー（東芝　東芝ミキサー　MX-L20GA）で粉砕し、各粉末試料を得た。

なお、“水煮残渣試料”と“調味料添加残渣試料”は全量を10秒間ブレンダーにかけた後、さらに5秒間ミルサーで粉砕したが、“生試料”においては全量を20秒間ブレンダーにかけた後、半量ずつをミルサーにて5秒粉砕→1分放置を4回くりかえし計20秒間粉砕した。

iii）焼成パウンドケーキの調製

室温に戻した無塩バター40gとグラニュー糖50gを混合・撹拌しながら全卵液50gを少量ずつ加え、その後、ふるった薄力粉60g並びにベーキングパウダー0.8gを加えて粉っぽさがなくなるまで混合した。得られたバッターをパウンドケーキ型（16.5 × 7.0 × 5.5cm）に入れ、170℃で25分間焼成した。これを対照の“残渣無添加パウンドケーキ”とした。

“残渣添加パウンドケーキ”は、焼成する前のバッターに調味料添加残渣粉末を小麦粉の8、15および20wt％添加し、残渣添加量の異なるパウンドケーキを焼成した。

さらに“香味材料添加パウンドケーキ”の場合は、残渣20wt％添加バッターにすり黒ゴマ25g（材料の12.5wt％）並びにシナモン0.8g（材料の0.3wt％）を添加し、黒ゴマ入りパウンドケーキ並びにシナモン入りパウンドケーキを焼成した。

iv）抗酸化測定用試料の調製

①煮こごり残渣試料

上記ii）で得た各粉末試料を遠心分離機用試験管に1gずつ秤量し、リン酸緩衝液並びに85％エタノール溶液20mlを加えて、2500rmpで5分間遠心分離し、水溶性並びに脂溶性成分抽出液を得た。

②焼成パウンドケーキ試料

上記iii）の各焼成パウンドケーキをそれぞれ1cm角切りにして凍結乾燥用ビーカーに入れ、前出の煮こごり残渣粉末と同様に調製して水溶

性並びに脂溶性成分抽出液を得た。

3）化学発光（ケミルミネッセンス）法による
ペルオキシラジカル捕捉活性の測定[11)～14)]

装置はキッコーマン社製ルミテスターC-100を使用した。氷中にあるAAPH試薬（40mM AAPH/0.1Mリン酸緩衝液, pH7.0）200μlに0.1Mリン酸緩衝液または各濃度の水溶性成分並びに脂溶性成分抽出液各200μlをルミチューブに入れてパラフィルムをし、ミキサー（TAITEC社製、S-100）で撹拌後、恒温槽（EYELA社製、DIGI.THERMOPETNTT-1200）で37℃・2分間加温処理をした。加温後ルミノール試薬200μlを加えてパラフィルムをして撹拌後、ルミテスターで化学発光パターンを測定した。

0.1Mリン酸緩衝液をコントロールとして2回連続して測定した。測定値が50,000RLU以上であればルミテスター装置が安定していると判断し、各試料の化学発光パターンの経時的なピーク値の変化により抗酸化能を評価した。すなわち原液→10％希釈液→1％希釈液→0.1％希釈液……と順次希釈した液を測定していき、コントロールの発光値を半分にする値が10～1％にあった場合、さらに希釈の程度を7.5％→5.0％→2.5％として測定した。各希釈段階で2回ずつ測定し、平均値を用いた。コントロールとしての0.1Mリン酸緩衝液の発光値を半分にする試料の最終濃度をIC_{50}値と定義した。

IC_{50}値は下記の(1)式により計算した[9)～16)]。

$$\mathrm{Log}\ (I0/I) \times 100 = 30.103 \quad \cdots\cdots (1)$$

この場合、I0：リン酸緩衝液の発光値、I：水溶性成分並びに脂溶性成分抽出液の発光値であり、上記(1)式の試料濃度がIC_{50}値（％）であり、この数値が小さいほど抗酸化性が高いことを示す。

4）官能評価

i）嗜好意欲尺度法

残渣添加量を粉の8wt％、15wt％および20wt％と変えて焼成したパウンドケーキの嗜好意欲の度合いをみるために、本学調理科学研究室員（女性）10名をパネルとして官能評価を行った。官能評価には図1の官能評価用紙を用いた。

パウンドケーキの官能評価（嗜好意欲尺度法）

試料を食べた感想として適当だと思うものを以下から選んで各試料別に番号を記入してください。

9．もっとも好きな食品に入る
8．いつも食べたい
7．機会があればいつも食べたい
6．好きだから時々食べたい
5．時には好きだと思うこともある
4．たまたま手に入れば食べてみる
3．他に何もないときに食べる
2．もし強制されれば食べる
1．おそらく食べる気にはならない

P	Q	R

図1．パウンドケーキの官能評価用紙

ii）評点法

ゴマやシナモンの香味材料を添加したパウンドケーキの嗜好度を無添加のケーキと比較してみるために、評点法による官能評価を行った。本学調理科学研究室員（女性）10名をパネルとして、図2に示す官能評価用紙を用いて味、匂い、歯ざわり及び総合評価の各項目について5段階評価を行い、結果をt検定で解析した。基準A試料は残渣20wt％添加パウンドケーキであり、残渣20wt％＋シナモン入りパウンドケーキ（B試料）並びに残渣20wt％＋すり黒ゴマ入りパウンドケーキ（C試料）とのA－B、A－C間の差をt検定し有意差を判定した。

パウンドケーキの官能評価（評点法）

-2　-1　0　+1　+2

項　目	A	B	C
味（悪い：-2～良い：+2）	0		
匂い（悪い：-2～良い：+2）	0		
歯ざわり（悪い：-2～良い：+2）	0		
総合評価（悪い：-2～良い：+2）	0		

試料Aを基準（0）として、試料B及び試料Cの各項目に評点（-2～+2）を記入してください

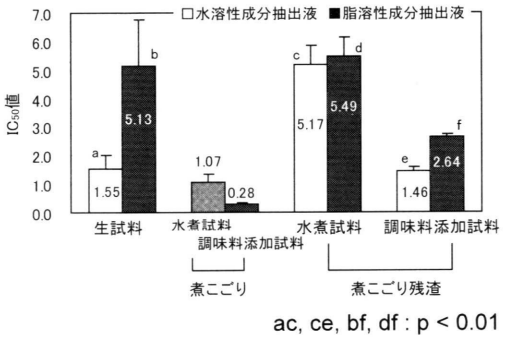
図2．パウンドケーキの官能評価用紙

4．結果及び考察

1）“煮こごり”材料としての鮭の頭および残渣のペルオキシラジカル捕捉活性

鮭の頭の生および煮こごり調製後の残渣試料（水煮残渣試料並びに調味料添加残渣試料）の水溶性成分並びに脂溶性成分抽出液について、ペルオキシラジカル捕捉活性の IC_{50} 値を図３に示した。図中、参考として“煮こごり”の水煮試料および調味料添加試料の IC_{50} 値も記した。

図中 IC_{50} 値が小さいほどペルオキシラジカルの発生が抑制されていることを示しているが、調製条件の違いによって IC_{50} 値に差が見られることが明らかである。すなわち、水溶性成分抽出液の IC_{50} 値は、調味料添加残渣試料が 1.46％、生試料が 1.55％、水煮残渣試料が 5.17％となり、調味料添加残渣試料は水煮残渣試料に比べて１％の危険率で有意差が認められた。すなわち調味料添加残渣試料の水溶性成分抽出液のラジカル捕捉活性が最も大となった。脂溶性成分抽出液の IC_{50} 値においても、調味料添加残渣試料（IC_{50} 値:2.64％）は生試料（同: 5.13％）や水煮残渣試料（同：5.49％）に比べて顕著に大であり、調味料添加残渣試料と生試料並びに調味料添加残渣試料と水煮残渣試料との間に１％の危険率で有意差が認められた。また、この調味料添加残渣試料と他の“煮こごり”試料の IC_{50} 値を比較した場合、鰤の未利用部位を材料として調製した“水煮煮こごり”と同程度のペルオキシラジカル捕捉活性を示すことを確認している。参考までにその結果を図４に示した。なお、縦軸は IC_{50} 値の逆数をとって抗酸化度として表しているため、値が大きいほどラジカル捕捉活性が高いことを示している。



ac, ce, bf, df : $p < 0.01$

図３．鮭の頭の生、煮こごり試料、煮こごり残渣試料のペルオキシラジカル捕捉活性

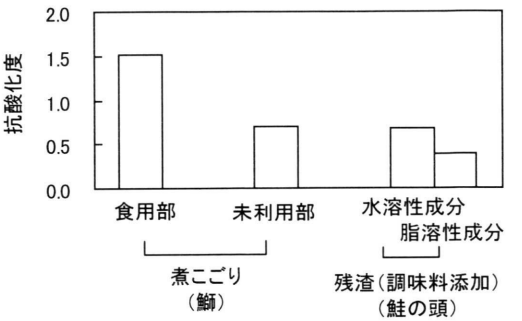


図４．鰤の食用部および未利用部を材料として調製した“煮こごり”並びに調味料添加残渣試料の IC_{50} 値比較

これらの結果から、煮こごり残渣試料は調味料が添加されることにより顕著な脂質酸化抑制効果を示すことが明らかとなった。これは鮭の頭から調製した煮こごり試料の場合[9]（水煮試料：IC_{50} 値 1.07％、調味料添加試料：同 0.28％）と同様の傾向であり、調味料として加えた醤油の高い抗酸化力の影響によると考えられる。醤油・味噌などの大豆発酵食品にはイソフラボンよりも高い抗酸化性を持つイソフラボン誘導体が発酵に伴って生成すると言われ[17]、醤油の色のもとになっているメイラード反応生成物であるアミノカルボニル化合物のメラノイジンにも抗酸化作用があることが報告されている[18]。このような醤油そのもの高い抗酸化性が煮こごり残渣中の抗酸化成分に相乗的に作用し、大きな影響を与えたと考えられた。なお醤油添加が煮こごりのペルオキシラジカル捕捉活性に及ぼす影響についての詳細は既報[15) 16)]においてすでに明らかにしている。

次に、水煮煮こごり試料、生試料および水煮

残渣試料の IC_{50} 値を比較した場合、水煮煮こごり試料の IC_{50} 値が最も低く、ラジカル捕捉活性が大であることがわかる。このことは未加熱の鮭の頭を加熱することにより生じたコラーゲン分解物のペプチドやアミノ酸などがラジカル捕捉活性に大きく寄与していると考えられ、これら抗酸化成分の大部分は加熱により煮こごり中に溶出してくると推測される。

しかし、煮こごりをとった後の残渣中にもペルオキシラジカル捕捉活性は残存していることが図３から明らかであり、さらに我々がこれまでに予備実験として検討してきた鮭の頭で調製した煮こごりの官能評価でも、醤油・砂糖で味付けした煮こごり試料が最も好まれた結果が得られている（未発表データ）ことから、この調味料添加残渣を調理加工用素材として再利用し、栄養・嗜好・健康機能面から優れた食品を開発することは廃棄物のゼロミッションに大いに貢献できると考えられる。

２）残渣添加量の異なるパウンドケーキのラジカル捕捉活性と嗜好性の検討

上述の結果を受けて、調味料添加残渣を小麦粉の一部代替素材として用いることにして、その添加量を変えたパウンドケーキの抗酸化性並びに嗜好性について検討することにした。

図５は残渣添加量の異なるパウンドケーキの水溶性成分並びに脂溶性成分抽出液の IC_{50} 値を示している。残渣無添加のパウンドケーキと残渣を粉の８wt％並びに20wt％代替したパウンドケーキの IC_{50} 値との間には水溶性成分抽出液、脂溶性成分抽出液ともに有意差はみられず、ペルオキシラジカル捕捉活性に対して残渣添加量の影響はみられなかった。

次に、残渣添加量を変えたパウンドケーキの嗜好性を官能評価結果から検討した。表１は９段階の嗜好意欲尺度をみた結果を平均値で示したものであり、数値の大きい試料ほど嗜好意欲が高いことを示している。ちなみに、本実験パネルの残渣無添加パウンドケーキに対する

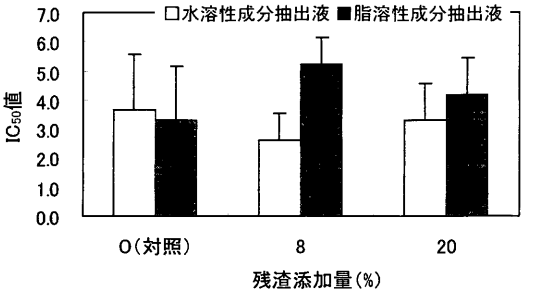


図５．残渣添加量の異なるパウンドケーキのペルオキシラジカル捕捉活性（ｎ＝５　有意差なし）

嗜好意欲尺度は７の“機会があればいつも食べたい”から８の“いつも食べたい”に当てはまることを事前に確認している。本残渣添加パウンドケーキに対しては、残渣添加量を８wt％、15wt％、20wt％と増加しても嗜好度に有意な差は見られず、嗜好意欲尺度５の“時には好きだと思うこともある”や、４の“たまたま手に入れば食べてみる”といった程度の評価が得られた。このことは、残渣を調理・加工用素材として再利用して、嗜好面、健康機能両面の向上をはかるためにはさらなる検討が必要であることを示唆するものである。

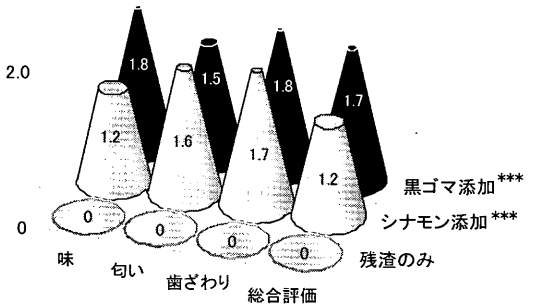
表１．残渣添加量の異なるパウンドケーキの官能評価結果（ｎ＝10　有意差なし）

残渣添加量（%）	嗜好意欲尺度
8	4.6±1.2
15	5.4±1.4
20	4.9±1.7

３）香味材料添加による嗜好性とラジカル捕捉活性向上の検討

そこで、残渣添加パウンドケーキの嗜好性並びに抗酸化性を高めることを目的に予備実験としてココア、抹茶、コーヒー、オレンジピール、シナモン、黒ゴマなどの副材料を添加したケーキを調製した。これらケーキの官能評価結果より、最終的に香味材料添加食材としてシナモ

ン及びすり黒ゴマを選択した。シナモンは香辛料としてお菓子作りによく用いられる食材であり、特有の香りを与える他に抗菌活性を持つことから食品保存料としても期待される。一方ゴマは、単に香りがよい、油としての品質が優れているといった食品として重宝されているだけでなく、すりゴマ粒子のざらつき感が残渣粒子のそれに類似していることと、生体内における



＊＊＊すべての項目において残渣のみに比べて $p < 0.01$ で有意差あり

図６．評点法による副材料添加パウンドケーキの官能評価結果（n＝10）

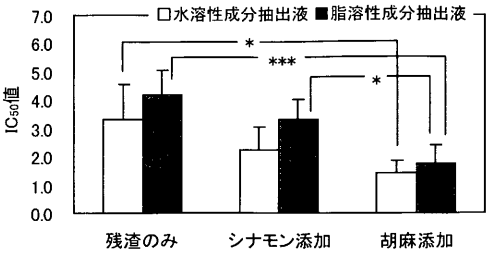
ゴマの機能性が注目されている食材でもある。

図６はシナモンならびにゴマを添加したパウンドケーキの官能評価結果であるが、味、匂い、歯ざわり、総合評価すべての項目において、香味材料を添加したケーキが残渣のみのケーキに比べて１％危険率で最も好まれる結果が得られている。特にゴマを添加することにより、魚臭さが抑えられ、味、食感（歯ざわり）も含めて総合的にパウンドケーキとしてより好ましくなったものと考えられる。

次に、これら香味材料添加パウンドケーキの抗酸化性について検討した。

結果を図７に示した。

黒ゴマ添加のパウンドケーキは基準とした残渣のみのケーキに比べて水溶性成分、脂溶性成分ともにラジカル捕捉活性が増強される結果が得られた。



＊＊＊：$p < 0.01$, ＊：$p < 0.05$

図７．香味材料添加パウンドケーキのペルオキシラジカル捕捉活性

ゴマ種子には脂質が約50％、たんぱく質が約20％含まれ、その他にビタミンやミネラルも豊富に含まれている。さらに、抗酸化物質といわれるリグナン類も豊富に存在しているのが特徴である。このリグナンの主な成分としては脂溶性のセサミン、セサモリン及び水溶性のセサミノール配糖体がよく知られているが、その他脂溶性のセサモリノール、ピノレジノール、セサミノールや水溶性のピノレジノール配糖体なども微量に存在することが報告されている[19]。これら成分は生理活性機能を持ち、主に生体内における脂質過酸化反応の抑制に寄与している。また、このゴマリグナンとゴマに含まれる脂溶性抗酸化ビタミンであるビタミンＥが生体内で相互作用すると、より強力な抗酸化作用を示すと言われている[20]。そのため、食品のビタミンＥ活性は食品に含まれるビタミンＥ濃度だけでは判定できず、生体内で起こる食品成分間の相互作用に注目する必要があると言われている[20]。

本実験における残渣添加パウンドケーキのラジカル捕捉活性がゴマ添加により増強する結果が得られたのも、ゴマに含まれる上記成分が寄与していると考えられる。

以上の結果から、“煮こごり残渣”は単独利用よりも調味料や副材料と上手く組み合わせることで、栄養・嗜好性並びに抗酸化性に優れた食品として再利用できる可能性が示唆された。

5．要　約

廃棄物のゼロミッションに貢献するために、未利用部の鮭の頭から調製した“煮こごり”の二次廃棄物（残渣）を調理加工用素材として再利用し、栄養・嗜好・健康機能面から優れた食品の開発を試みた。

“煮こごり”および“煮こごり”調製後の残渣のペルオキシラジカル捕捉活性を測定した。次いで、“煮こごり残渣”を添加して焼成した調理食品のパウンドケーキについて官能評価と抗酸化性を測定し、製品としての利用価値を検討した。得られた知見を以下にまとめた。

(1) 鮭の頭を材料として調製した“煮こごり”は高いペルオキシラジカル捕捉活性を有していることが明らかとなった。その抗酸化成分の大部分は煮こごり溶液中に溶出すると考えられた。

(2) 煮こごり調製後の残渣中にもペルオキシラジカル捕捉活性が残存しており、特に醤油で味付けした“煮こごり”の残渣試料は、鰤の未利用部から調製した“水煮煮こごり”と同程度のラジカル捕捉活性を示した。

(3) 残渣添加パウンドケーキの嗜好性並びにペルオキシラジカル捕捉活性は、残渣添加量を８wt％、15wt％、20wt％と増加しても有意差は見られず、同程度であった。

(4) 黒ゴマ入りパウンドケーキの官能評価から、魚臭をマスキングし、味、歯ざわり、総合評価ともに好まれる結果が得られた。さらに、ペルオキシラジカル捕捉活性も残渣のみのパウンドケーキに比べて有意に増強された。

本研究を遂行するにあたり、実験試料をご提供いただきました㈱カネセフーズ魚谷益三氏に厚く御礼申し上げます。

なお、本研究内容は日本調理科学会誌（Vol.42,No6）に掲載された内容をまとめたものです。

引用文献

1）佐藤康治（2007），水産廃棄物　鮭皮の有効利用，生物工学会誌，85，236

2）秋野雅樹、蛯谷幸司、今村琢磨、内山智幸、松嶋景一郎、原博（2009），サケ中骨のカルシウム吸収に対する加工方法の影響，日食科誌，56，155-162

3）山田真路、駒沢俊清（2009），DNA フィルター，Valqua Technol News，16，3-6

4）佐々木荘法（1998），加工残滓利用の魚醤製造　水産加工物廃棄量の削減，リサイクル技術研究発表会公演論文集，6th，37-40

5）野口誠（2006），フィッシュコラーゲンの製造技術の開発，食品と技術，421，11-14

6）森山浩光、安原靖宏、加藤泰久、柴田政人、内山丈、池澤昭人、千葉一則、加藤公栄、佐々木徳幸、古川明、水梨太、東田恵子、高橋亜紀子、曾田紀雄（2004），魚粉の製造および品質管理（1），畜産の研究，58，335-343

7）金庭正樹（2007），水産加工廃棄物の有効利用技術の現状，ジャパンフードサイエンス，46，79-86

8）阿部孝弘、上田智広（2003），新しい加工技術の開発（5）水産加工残滓の有効利用技術開発　２サケ内臓，岩手県水産技術センター年報，2001，123-124

9）Nagatsuka,N., Sato,K., Harada,K. and Nagao,K. (2007), Radical scavenging activity of ‘Nikogori’ gelation gel food made from head, bone, skin, tail and scales of fishes measured using chemiluminescence method. *Int. J. Mol. Med.*, 20, 843-847

10）永塚規衣、原田和樹、長尾慶子（2008），化学発光（ケミルミネッセンス）法を用いた

魚類の未利用部位調製“煮こごり”のラジカル捕捉活性，生活科学研究所研究報告書，31，75-80

11) Harada,K., Ando,M., Kitao,S., Sakamoto,Y., Kobayashi,M. and Tamura,Y. (2002), Measurement of antioxidative capacity of fish sauce using chemiluminescence method. *Fish Sci.*, 68 (Suppl. 2), 1437-1440

12) Harada,K., Okano,C., Kadoguchi,H., Okubo,Y., Ando,M., Kitao,S. and Tamura,Y. (2003), Peroxyl radical scavenging capability of fish sauces measured by the chemiluminescence method. *Int .J. Mol. Med.*, 12, 621-625

13) Ando,M., Harada,K., Kitao,S., Kobayashi,M. and Tamura,Y. (2003), Relationship between peroxyl radical scavenging capability measured by the chemiluminescence method and an aminocarbonyl reaction product in soy sauce. *Int. J. Mol. Med.*, 12, 923-928

14) Harada,K., Ando,M., Kitao,S., Okano,C. and Tamura,Y. (2004), Changes in antioxidative capacity by the chemiluminescence method and K value as freshness indicator of squids captured from Senzaki fishing seaport in Yamaguchi Prefecture. *J. Integr. Stud. Diet Habits.*, 15, 92-97

15) Nagatsuka,N., Harada,K., Ando,M. and Nagao,K. (2005), Effect of soy sauce on the antioxidative capacity of 'Nikogori'gelatin gel as a swallowing food using the chemiluminescence method. *Int. J. Mol. Med.*, 16, 427-430

16) 永塚規衣、原田和樹、安藤真美、長尾慶子 (2007)，化学発光（ケミルミネッセンス）法による醤油添加“煮こごり”のラジカル捕捉活性効果 ―“煮こごり”材料及び醤油の種類による影響―，日調科誌，40，179-183

17) 江崎秀男、川岸舜朗、大沢俊彦 (2002)，醤油中のオルトジヒドロキシイソフラボン含量とその抗酸化性，食科工，49，476-483

18) Ando, M., Harada, K., Kitao, S., Kobayashi, M., Tamura, Y. (2003). Relationship between peroxyl radical scavenging capability measured by e method and an aminocarbonyl reaction product in soy sauce. *Int .J. Mol. Med.*, 12, 923-928

19) 大澤俊彦 (2005)，ゴマリグナンの生化学と機能性，食の科学，334，8-14

20) 山下かなへ (2005)，老化制御効果とその機構解明，食の科学，334，16-26