

学位論文全文に代わる要約 Extended Summary in Lieu of Dissertation

氏名： 大山 憲一
Name

学位論文題目： オリーブ葉粉末の給餌による養殖ブリの肉質改善効果
Title of Dissertation

学位論文要約：
Dissertation Summary

ブリ養殖業は、現在のわが国における魚類養殖業のなかで最も生産量が多い。しかし、飼料価格の高騰や国民の水産物の消費量の減少などによりブリ養殖業者の経営は厳しい状況が続いている。この現状を打破するために、付加価値の高い養殖ブリを生産、販売する取組みが各地で広がっている。ブリの品質保持における大きな課題として、血合肉の褐変が挙げられる。ブリの血合肉は褐変の進行が速いため切身の状態で保存できる期間が短いという欠点があり、血合肉の褐変の進行を抑制し、色調を良好な状態で長時間保持することは、ブリの販売上重要な課題となっている。褐変抑制対策の一つとして、抗酸化物質を添加した飼料を投与して肉質を改善する方法が注目されている。

わが国においてオリーブは、香川県小豆島を中心に、各地で経済栽培が行われている。オリーブの葉には、オレウロペイン (OLP) などの高い抗酸化作用を有するポリフェノール (PP) が豊富に含まれており、茶やエキスなど健康飲料として一部利用されている。しかし、せん定の際に大量に発生する枝葉の利用はあまり進んでいない。

本研究では、オリーブ葉を飼料の一部として与えると、ブリの肉質がどうなるかを明らかにするため、まず、オリーブ葉粉末配合飼料の開発に取り組んだ。次に、オリーブ葉粉末配合飼料の給餌によるブリの成長への影響の確認と、同飼料の給餌によるブリの血合肉の褐変抑制効果を明らかにすることを目的に養殖現場での給餌試験を行った。さらに、オリーブ葉を給餌したブリの筋肉の呈味性や抗酸化性について調べ、その特徴を明らかにすることを目的とした。

オリーブ葉粉末配合飼料の開発

香川県産オリーブ葉のPP含量と、オリーブ生葉中 (枝付き) および葉粉末中でのPPの安定性を調べるとともに、モイストペレット (MP) 飼料中でのオリーブ葉由来PPの安定性を調べた。

香川県小豆島におけるオリーブの主要栽培品種のMission、Nevadillo blancoおよびLuccaのオリーブ葉のPP含量は100 gの乾物あたり没食子酸換算で7.3~8.2 gの間にあり、品種間での差は比較的小さかった。OLP含量はせん定してから乾燥処理を行うまでの保存状態や保存時間によって著しく変動した。すなわち、屋外温室や冷凍室に保存するとOLP量は減少してしまうが、室内に保存し2週間以内に乾燥することで高いOLP含量を保持できることがわかった。また、乾燥・粉末化したものは、密封・暗所で常温保存すると1年間はOLPを安定的に保つことができることがわかった。オリーブ葉粉末を添加したMP飼料中のPPは数時間以内に分解され、抗酸化能も低下するため、飼料作製後は出来るだけ速やかに給餌する必要があることが示唆された。

オリーブ葉粉末配合飼料がブリの成長に及ぼす影響

オリーブ葉が強力な苦みを有することから、飼料摂取量が低下しブリの成長を抑制する可能性があるため、オリーブ葉粉末の給餌によるブリの成長成績を調べた。ブリ1歳魚 (平均体重3.6 kg) を鋼管式小割生簀 (10 × 10 × 3.5 m) 2台に約3,200尾ずつ収容し、基本のMP飼料にオリーブ葉乾燥粉末を1.7%加えた飼料を給餌した区と、オリーブ葉粉末無添加の基本MP飼料のみを給餌した区を設けた。2007年10月30日~12月11日の42日間、週4~7回飽食給餌し、給餌試験開始0日目、14日目、27日目および42日目に各区の生簀から10~15尾を取り揚げ、体重と尾叉長を測定した。また、給餌試験から42日目の試験終了時に、肝臓重量測定用に各区5尾を取り揚げた。さらに、採血用に各区5尾をそれぞれ追加して取り揚げた。

オリーブ葉粉末を添加したMP飼料は、無添加の基本MP飼料と同様に活発に摂餌する様子が観察された。体重、尾叉長、肥満度について、いずれの取り揚げ日においても添加区と無添加区の間で有意

差は認められず、成長への影響はみられなかった。42日経過後のブリの体重は、添加区 4.05 ± 0.37 kg (平均 \pm 標準偏差、以下同じ。)、無添加区 4.09 ± 0.44 kgであった。また、試験終了時のブリの比肝重値は、両区間で有意差は認められなかった。血清成分は、添加区の血糖濃度が無添加区より有意に高かった。一方、全タンパク質、中性脂肪および全コレステロール濃度の有意差は認められなかった。

オリーブ葉粉末配合飼料がブリ血合肉の褐変に及ぼす効果

オリーブ葉粉末を混ぜた飼料の投与によって養殖ブリの血合肉の褐変が抑制可能かどうかを調べた。基本のMP飼料にオリーブ葉乾燥粉末を1.7%加えた飼料を給餌した区と、オリーブ葉粉末無添加の基本MP飼料のみを給餌した区を設け、保存中の血合肉のミオグロビン (Mb) のメト化率を測定するとともに、切身表面の血合肉の色調を解析し、赤の色合いの相対的位置 (赤色色調 r) を求めた。

オリーブ葉の給餌試験を開始してから14日目のブリでは、解体当日から氷蔵24時間までのmetMb生成率に添加区と無添加区で差がなかったが、72時間氷蔵したものでは、オリーブ葉添加区の血合肉の方が、無添加区のものよりも、metMb生成率が有意に低かった。このことより、オリーブ葉を14日間摂取したブリでは、氷蔵24時間以上経過した血合肉のMbのmet化が抑制されることが示唆された。オリーブ葉給餌試験開始から27日目のブリでは、添加区のmetMb生成率が24~72時間の氷蔵期間および解体当日において、無添加区のmetMb生成率よりも低かった。このことから、27日間オリーブ葉の給餌を続けると、14日間の給餌に比べ、メト化の抑制効果がより顕著になることが判明した。オリーブ葉の給餌開始後42日目でも、添加区の血合肉のmetMb生成率が氷蔵48時間後および72時間後で無添加区の値よりも有意に低かった。切身の血合肉表面における赤色色調 r の保存中の低下は、給餌試験を開始して42日目に有意に抑制された。metMb生成率では14日目から両区間で有意差が検出されたのに対し、赤色色調 r では有意差が見られたのは42日目と、分子レベルでの効果よりも実際の色調に効果が表れるにはより長時間オリーブ葉を給餌する必要があることがわかった。以上より、オリーブ葉の給餌を開始してからの期間によって効果の度合いに違いがあるものの、オリーブ葉のブリへの摂取はmetMb生成率の低下、とりわけ保蔵によるmetMb生成率の上昇を抑える効果があると示唆され、血合肉の褐変抑制に一定の効果のあることが明らかになった。

オリーブ葉粉末配合飼料を給餌したブリ筋肉の化学的特性

オリーブ葉粉末配合飼料のブリへの投与効果を評価するために、オリーブ葉乾燥粉末を2%添加した飼料を給餌して育てた養殖ブリとオリーブ葉粉末を加えていない飼料で育てた対照用の養殖ブリから筋肉を回収して、血合肉および普通肉の脂質特性、呈味性および抗酸化性を調べた。

①脂質特性

血合肉の粗脂肪含量は、添加区 (18.2 ± 1.6 g/100 g) が無添加区 (24.4 ± 2.1 g/100 g) よりも25%も低かった。背肉普通肉では、両区ともほぼ同等の値であった。腹肉普通肉では、添加区 (23.3 ± 3.4 g/100 g) が無添加区 (27.8 ± 4.0 g/100 g) より低い傾向を示した。脂肪酸組成については、数種類の脂肪酸組成に添加区と無添加区とで有意差が認められたが、その差は0.7%以下であり、全体的にみると両区間の脂肪酸組成に大きな違いはないものと判断された。

②呈味性

遊離アミノ酸のうち甘味を有するアラニン(Ala)について、背肉普通肉では添加区 (148.9 ± 8.1 mg/100 g) が無添加区 (106.1 ± 21.8 mg/100 g) の1.4倍であった。同様に腹肉普通肉でも添加区 (145.5 ± 8.2 mg/100 g) が無添加区 (114.9 ± 15.7 mg/100 g) の1.3倍であった。腹肉普通肉のエキスを味認識装置の味覚センサーで測定した結果、添加区のうま味は1.03倍、塩味は2.48倍、それぞれ無添加区よりも有意に高かった。

さらに、筋肉の水溶性成分のメタボローム解析により、オリーブ葉を給餌したブリ筋肉の呈味の特徴を調べたところ、腹肉普通肉の塩味に関しては、乳酸は添加区の方が1.1倍少なかったものの、グリコール酸は添加区の方が1.4倍、アスコルビン酸は1.5倍それぞれ多かった。これら3つの成分は、陰イオンとなり味覚センサーで塩味として反応すると考えられることから、オリーブ葉を給餌したブリの塩味の強さに関与していると推察された。うま味に関しては、グルタミン酸は添加区の方が1.7倍多く、味覚センサーでの結果と同じ傾向であった。甘味に関しては、味覚センサーでは両区間で差は認められなかったが、メタボローム解析の結果では、Alaは1.4倍、グリシン (Gly) は2.0倍、セリン (Ser) は2.7倍、添加区の方が多かった。また、糖類、糖アルコールについて、グルコースは1.1倍、イノシトールは1.2倍、それぞれ多く、甘味を示す多くの成分で違いのあることが示され、オリーブ葉を給餌したブリの呈味を特徴付けていると考えられた。主成分分析の結果でも、添加区を特徴付ける主要な成分として、血合肉ではグリセロール、トレオニン、Ser、腹肉普通肉ではSer、Gly、Alaなど、甘味を示す成分が占めていた。特にSerの値は、血合肉で1.5倍、腹肉普通肉で2.7倍それぞれ多く、オリーブ葉の投与がSerの代謝に影響を及ぼしていることが推察された。以上より、オリーブ葉粉末を添加した飼料で飼育したブリの筋肉成分は、アミノ酸だけでなく有機酸や糖アルコールにおいても、

(様式5) (Style5)

オリーブ葉粉末を与えていないブリ筋肉と違いがあり、それらの成分もオリーブ葉を給餌したブリの呈味の特徴に寄与していると考えられた。

③抗酸化性

筋肉の水溶性画分の抗酸化性について、血合肉のH-ORAC値は両区間で有意差は認められなかった。腹肉普通肉のH-ORAC値について、添加区は $51.3 \pm 10.1 \mu\text{mol TE/g}$ 、無添加区は $37.8 \pm 5.76 \mu\text{mol TE/g}$ で、添加区が無添加区に比べ1.36倍高かった。

メタボローム解析による添加区のアスコルビン酸の数値は、無添加区より1.53倍多かったことから、アスコルビン酸が腹肉普通肉の抗酸化性の高さに関与していると考えられた。久保ら(2018)は、ブリの血合肉と普通肉の境界面付近から褐変が生じる要因は、血合肉のグリコーゲンが普通肉の解糖系酵素によって分解され、乳酸が生成することにより、境界面でのpHが低下したためと考察している。血合肉の乳酸の数値はオリーブ葉添加区および無添加区で差は認められなかったが、腹肉普通肉では添加区の乳酸の数値が有意に低かった。ブリの血合肉の褐変は、普通肉との境界面から進行することから、普通肉の乳酸量が低かったことが、褐変抑制に有利に作用していたものと考えられた。これらのことから、オリーブ葉を給餌したブリの腹肉普通肉には無添加の同じ部位の普通肉に比べて抗酸化物質が多く含まれ、抗酸化性が高く、そのことが血合肉の褐変の抑制に寄与していることが示唆された。

本研究の結果より、オリーブ葉乾燥粉末を給餌したブリの成長成績は、オリーブ葉無添加の通常の飼料で飼育したものと変わらず、オリーブ葉に含まれるPPの効果によって筋肉の抗酸化性が高まり、オリーブ葉無添加の通常の飼料を給餌したブリに比べて血合肉の褐変の進行が抑制されることが明らかとなった。さらに、オリーブ葉乾燥粉末を給餌したブリの筋肉は、オリーブ葉無添加の通常の飼料を給餌したブリに比べて脂質含量が低く、甘味、うま味が強かった。以上のことから、オリーブ葉粉末の給餌によって、養殖ブリの肉質が改善される効果のあることが示唆された。