

無毒養殖トラフグ肝臓の食用化と食品としての機能性に関する研究

長崎大学大学院生産科学研究科

大 貫 和 恵

フグの肝臓〔肝（きも）〕は、一般に高濃度のフグ毒テトロドトキシン（TTX）を保有する。にもかかわらず、日本では昔から‘秘伝の毒抜き’を施すなどして、敢えて肝を食してきた。しかしながら、これによる食中毒も後を絶たず、1983年12月に当時の厚生省は「フグの衛生確保について」の通知を出し、フグの肝を食用に供することを禁止した。一方、近年、天然トラフグの資源が激減したこともあり、その代用として養殖トラフグの生産が盛んになった。フグの毒化は食物連鎖由来の外因性であることから、有毒餌生物の侵入を完全に遮断した環境下で無毒の餌を与えて養殖すれば、無毒のフグを生産することができる。本研究では、現在廃棄されている未利用資源フグ肝につき、安心・安全で、かつ、より魅力的な食材として有効利用することを目指し、特定の条件下で陸上養殖したトラフグの肝が完全に無毒であることを確認するとともに、それらの栄養成分や機能性成分を分析し、餌との因果関係、あるいは実質的な効果の有無を含めて栄養学的側面から検討を加えた。さらに、フグ肝を食材として各種調理・加工品を調製し、官能評価により嗜好的特性を調べた。以下にその概要を記す。

まず、佐賀県唐津市の陸上施設で養殖されたトラフグ（2年魚）につき、毒性を調査した。本施設では、屋内に設置した開放系循環水槽に、近隣の海から採取した海水をろ過・殺菌処理後に汲み入れ、そこにフグを収容して無毒の固型飼料で飼育している。2006年から2009年にかけて、計3010個体（1水槽からの抽出率20.6～100%）の肝と一部卵巣を採取し、マウスを用いる公定法（検出限界2～8 MU/g）で毒性を、一部の試料についてはLC/MS分析（TTXの検出限界0.1～0.4 MU/g）でTTXの存否を調べたが、いずれの個体からも毒性ないしTTXは検出されなかった。一方、群馬県前橋市および千葉県我孫子市の電力中央研究所内に設置した閉鎖系循環水槽において、それぞれろ過海水および人工海水を用い、無毒の配合飼料で養殖したトラフグにつき、同様にマウス試験を行った。ろ過海水で2年間飼育した118個体、人工海水で16～24週間飼育した170個体の肝と一部筋肉、ならびに養殖開始時の稚魚43個体の肝（合一物）は、いずれも無毒（2～8 MU/g未滿）であったことから、閉鎖系循環水槽でも開放系循環水槽同様、フグは毒化しないことが明らかとなった。これらの結果は、フグの毒化が食物連鎖由来であることを強く支持するものである（第I章）。

次に、唐津市の施設で養殖されたトラフグの肝計 18 個体、および飼育に用いた固型飼料 2 ロットにつき、五訂増補日本食品標準成分表に記載の分析法に準じて、一般成分、 α -トコフェロール（ビタミン E）、および脂肪酸組成の分析を行った。その結果、養殖フグの肝は、脂質含量が 66.2–69.3%と際立って高く、また著量（56.8–100.7 mg/100 g）のビタミン E を含むことがわかった。さらに脂質構成脂肪酸の組成をみると、イコサペンタエン酸（IPA ; 2.9–5.4%）、ドコサヘキサエン酸（DHA ; 11.0–13.0%）などの高度不飽和脂肪酸を多量に含んでいた。これら機能性成分の含量は、他の肝食材であるアンコウの肝臓（アン肝）やフォアグラのそれを凌駕するものであった。一方、固型飼料もビタミン E を多量に含み、フグ肝によく似た脂肪酸組成を示した。これに加え、ビタミン E や IPA、DHA はフグ体内では生合成されないことから、肝に含まれる当該成分は飼料に由来するものと判断された（第 II 章）。

他方、同様のフグ肝につき、缶詰、レトルトパウチ詰、およびぬか漬け加工を施したうえで機能性成分を分析したところ、総じて加工による減少は殆どみられなかった（第 III 章）。

脳発達促進作用があると言われている DHA がフグ肝に多量に含まれていたことから、マウスによる受動回避試験を行い、記憶学習能力に対する効果を検証した。DHA と IPA をそれぞれ 7.8 および 4.8 g/100 g 含むフグ肝を餌に混ぜてマウスに与えたところ、対照群に比べて電気ショック後の反応潜時が有意に長くなった ($p < 0.05$)。すなわち、フグ肝の摂取により嫌悪刺激に対する記憶学習能力が向上したものと判断された。従って、フグ肝が食用化されれば、機能性食品としての効果も期待できる（第 IV 章）。

最後に、生および加工・調理したフグ肝について官能検査を実施したところ、全体的に高評価が得られた。特に調理されたフグ肝では、味噌を使用した料理が好まれた。味噌には、揮発性成分やアミノカルボニル反応生成物によるマスキングなど、魚介類特有のにおいを抑制する効果があるためと推察される。一方、生を好むパネリストには、フレーバーだけでなくテクスチャーを重視する傾向がみられた。加工品と生の嗜好比較試験では、レトルトパウチ詰が最も好まれ、次いで、缶詰、生の順となった。また、同様のアン肝加工品に比べ、有意に高い嗜好性が得られた ($p < 0.05$)。従って、フグ肝はアン肝より栄養的に優れているだけでなく、より美味であると評価されたことになる。ぬか漬け加工品では、ぬかに漬ける期間が短いほど評価が高かった（第 V 章）。

以上、本研究により、開放系および閉鎖系循環水槽による養殖で無毒のフグが生産できること、当該フグの肝は世界三大珍味の一つであるフォアグラにはない IPA、DHA などの機能性成分を多量に含み、かつ嗜好性においてもアン肝を超える優れた食材であること、などを明確に示すことができた。美味で機能性に優れ、かつ安心・安全な食品として、‘伝統食品フグ肝’を復活させる条件が整った。