

# 養殖魚類非病原感染性黃肉現象之探討

高翊峰<sup>1</sup>、楊順德<sup>2</sup>、郭裔培<sup>2</sup>、蔡慧君<sup>1</sup>

<sup>1</sup>水產試驗所水產加工組、<sup>2</sup>淡水繁養殖研究中心

## 前言

臺灣四面環海，加上位處亞熱帶地區，天候及環境條件造就養殖漁業蓬勃發展。依據 2019 年漁業年報統計，臺灣水產養殖總產量（海面及內陸）達 29.3 萬公噸，產值約新臺幣 374.7 億元，約佔總漁產量（約 103.9 萬公噸）、產值（約 894.2 億元）的 28.2% 及 41.9%。主要養殖種類有吳郭魚、虱目魚、鰻魚、石斑魚等，是國內冷凍、冷藏加工品重要的原料來源。

近年來常有養殖漁民及加工業者反應，部分吳郭魚產品出現黃肉態樣（圖 1），比例高達總量 10%，Qiufen 等人（2012）指出，除了生理上的呈色機制外，環境及營養可能

是導致魚肉黃化態樣的原因。由於黃化的魚片可能會導致價格降低，從而直接影響養殖業者的利潤，針對消費者的選擇性及接受度，食用魚片的色澤更是最重要的一項官能指標（Dhanapal et al., 2013），因此本研究擬藉由檢索全球養殖魚類導致黃肉現象的可能原因及對應策略，提供國內業者參詳。

## 魚體生理顏色的變化

魚類體色變化與展現主要與生物體所含的色素細胞（chromatophore cell）之色素體（pigment granules）有關，目前大約有 6-8 種含色素體的細胞被發現，包含：氰基甲酚體細胞（cyanophore）主要呈現藍色、血紅色

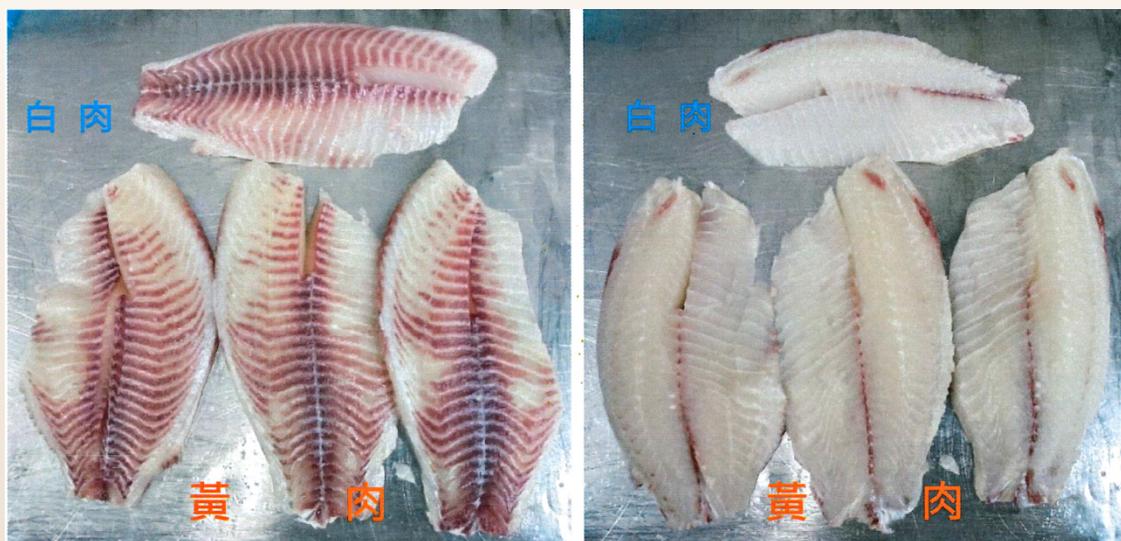


圖 1 國內養殖吳郭魚在分切魚片加工，黃肉魚片態樣（台灣鯛協會提供，2017）

素細胞 (erythrophore) 呈現紅色、黑色素體細胞 (melanophore) 呈現黑色素、虹膜細胞 (iridophore) 呈現彩虹色、白色體細胞 (leucophore) 呈現銀白色、黃色素細胞 (xanthophores) 呈現黃色及部分具展現雙色型的細胞 (dichromatic cell)，有些細胞還能藉由細胞中鳥糞嘌呤的結晶生成銀白色閃耀的光芒 (Levy-Lior et al., 2007)。色素細胞會經由神經系統及激素的調控，導致細胞內的色素體在微管束與動力調節蛋白的作用下，快速地凝集或分散，造成視覺上魚體生理顏色的變化。然而除了黑色素細胞外，多數色彩豔麗的色素細胞主要集中於魚體皮膚的表皮層與真皮層之間，較少出現於真皮層下的肌肉層。研究也指出，當白肉魚片中的類胡蘿蔔素 (carotenoid) 含量大於 0.6  $\mu\text{g/g}$ ，便會產生可用肉眼辨識的魚片黃肉現象 (Lee et al., 1987)，因此推測近年來於加工魚片中所呈現的黃肉樣態，可能不屬於魚體體表生理顏色變化所造成。

## 魚種及遺傳背景

觀賞魚依據不同的魚種，其絢麗的體表顏色，身上的條紋色帶亦呈現多元變化；而食用經濟魚種大致可依其魚肉組織的顏色分為紅肉魚 (red meat fish) 與白肉魚 (white meat fish)，其主要的區別在肌肉細胞中肌紅蛋白 (myoglobin) 的含量，肌紅蛋白越多，魚肉的顏色越紅。肌紅蛋白的功能主要在提供肌肉細胞快速運動時大量消耗的氧氣，因此大型洄游性魚類，例如鯉鱒魚的魚片顏色多為紅色；相反的，鯰魚、吳郭魚等，肌肉

細胞之肌紅蛋白含量較少，因此被歸類為白肉魚種。Lemmens (2014) 的研究分析指出，尼羅種 (Nile) 吳郭魚的魚片顏色偏白，而尾鱗種 (Wami) 吳郭魚的魚片則帶有紅黃色。Hatachote 等人 (2015) 研究雜交不同種鯰魚對肉質的影響時發現，泰國條紋鯰魚相較於亞洲鯰魚之魚肉偏黃，將兩種魚雜交後可改善黃肉現象。研究中亦指出影響魚肉顏色的因子不單單僅在魚種的不同或基因的背景，更包含了養殖條件，例如：飼料的組成分、投餵方法、水質及魚體活動力等，另外也可能和魚體後續加工的過程有關，像是屠體的方式、撈捕、運輸等，因此 Lemmens (2014) 明確的指出，單靠基因的篩選與雜交的方式恐怕不足以完全改善魚肉黃化現象。

## 飼料營養

一般消費者對鮭鱒魚片的既有印象多以明亮的橘紅及白色條帶相間，然而人工養殖的鮭鱒魚類由於缺乏攝取環境中帶有天然色素的食物鏈，因此魚肉較為蒼白，因此部分商業飼料開始添加著色劑、增色劑來改善魚肉的色澤 (Buttle et al., 2001; Li et al., 2007)；Teimouri 等人 (2013) 的研究發現，在飼料中補充螺旋藻 (*Spirulina platensis*) 養殖虹鱒 (*Oncorhynchus mykiss*) 後，其血液中胡蘿蔔素濃度與魚片成色呈正相關。雖然鮭鱒魚養殖飼料中著色劑的添加能改善魚片的顏色，但白肉魚種魚片的黃化樣態，由於不符合消費者預期的色澤或對白肉魚既有的印象，往往產生負面的效果 (Park et al., 1997; Skonberg et al., 1998)。例如中國發生的

案例，原本應為白肉魚的鯰魚、吳郭魚，因不慎餵食含有過多玉米基質的飼料後，魚肉產生黃化現象 (圖 2)，不僅影響了消費者的購買意願，更可能引發食品安全的擔憂。魚體中出現葉黃素類 (xanthophylls) 的因素包含：攝食、吸收、運送、代謝及排除等 (Torrissen et al., 1989)。多數魚類具有將色素轉化成另一種色素的能力，Matsuno 等人 (1991) 的報告指出尼羅吳郭魚能直接將葉黃素 (lutein) 及蝦青素 (astaxanthin)、玉米黃質 (zeaxanthin) 及金槍魚黃素 (tunaxanthin) 等葉黃素類轉化成 3-脫氫視網醇 (又名為維生素 A2)。Li 等人 (2007) 分析添加各種類胡蘿蔔素，包含：β-胡蘿蔔素 (β-carotene)、葉黃素、玉米黃質、角黃素 (canthaxanthin) 和蝦青素對河鯰 (*Ictalurus punctatus*) 皮膚、魚片著色程度以及魚片中類胡蘿蔔素含量的影響，在餵食 12 週後，餵食含葉黃素飼料的河鯰魚片黃色沉積最為明顯，其次為玉米黃質、蝦青素及角黃素，研究更進一步指出飼料中約有 30% 葉黃素先被轉化成海膽烯酮 (echinenone) 的黃色色素，才沉積於肌肉組織中。上述文獻暗示飼料中色素物質的來源經過吸收、運送、代謝及轉化後蓄積於魚肉組織，可能是養殖魚肉非病原感染性黃肉態樣的主要原因。



圖 2 中國養殖鯰魚 (*Ictalurus punctatus*) 及吳郭魚病理解剖，魚背黃肉組織病變 (Qiufen et al., 2012)

## 環境

Sørensen (2005) 發現，在越南無論是河裡撈捕或是沿岸養殖的鯰魚，從 10 月到隔年 4-5 月的乾旱季節中所生產的鯰魚魚片色澤與品質較佳；但在 5-9 月的雨季收穫者，魚片出現較多的黃肉樣態 (圖 3)，特別是在洪水氾濫的季節，由於泥沙與陸地上的有機質沖刷，造成水質惡化，因此這個季節所生產的魚片品質都較差。美國阿拉巴馬州奧本大學 Hanson 博士對該州兩家水產加工廠在 2009 年 12 月到 2011 年 12 月間的黃肉鯰魚進行問卷調查，資料分析結果指出，鯰魚黃肉魚片的發生率與魚片的大小 (圖 4A) 及收穫的季節 (圖 4B) 等因子呈高度相關性，其中規格越小的魚片，出現黃肉的比例越高，3-5 月間收穫的鯰魚，黃肉發生率顯著高於其他月份，因此 Hanson 推論了幾個成因，包含：由於冬季的投餵頻率會減少，所以養殖魚體會攝取天然環境中富含色素的藍綠藻，造成 3-5 月間收穫的鯰魚肌肉中蓄積過高的天然來源色素；另外體型較小的魚隻，因搶食競爭的劣勢，亦可能會攝食多量含色素



圖 3 鯰魚魚片肉質黃化態樣 (Sørensen, 2005)

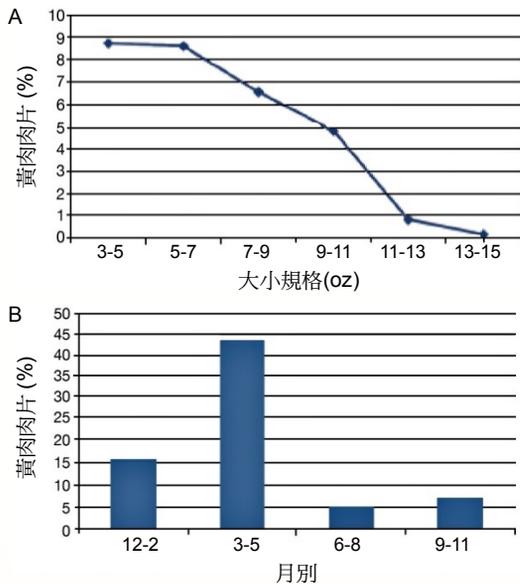


圖 4 美國阿拉巴馬州所生產之鯰魚魚片，其大小規格 (A) 及捕獲季節月別 (B) 與發生黃肉魚片機率有顯著相關性 (Courtwright & Hanson, 2013)

之食物，造成魚體黃肉比例偏高。進一步研究發現，環境溫度對類胡蘿蔔素在魚體內吸收、代謝、沉積和排除的影響甚巨，例如 Lee 等人 (1987) 透過觀察色素殘留在河鯰魚片的實驗發現，在寒冬低溫環境下，色素會穩定的存在達 6 個月。另外，Linh (2011) 的研究也指出，當養殖環境中的硫化氫濃度高於 0.96 mg/L 時，條紋鯰魚魚片中帶有輕微黃肉現象的比例會增加。

## 食用安全

吳郭魚和鯰魚皆為白肉魚種，當白肉魚片顯現不同於既有印象中的色變時，往往引發食用安全性的擔憂。Lovell (1989) 認為正常魚片的黃肉現象並不會影響魚片產品的風

味、儲存品質或食用安全；Snodderly (1995) 認為葉黃素及玉米黃質等轉化成維生素後，也存在人類眼睛內的視網膜，因此鯰魚魚片中所含的這些色素有預防老化黃斑部病變或強光照射眼睛所導致失明的風險；Young and Lowe (2001) 則認為葉黃素及玉米黃質是潛在的抗氧化劑，可以在多種疾病中幫助身體對抗自由基所導致的損傷。上述文獻支持，魚片含有適當濃度類胡蘿蔔素、葉黃素或蝦青素等，應該不會有食用安全上的疑慮。

## 可能的因應對策

Pererson & Bates (2011) 建議當池中發現黃肉鯰魚時，應先檢查飼料中葉黃素和玉米黃質的含量，以及環境中是否存在富含色素的天然食物來源後，改投餵正常商業飼料，在 20–30°C 環境下至少蓄養 8 個星期，促使魚體代謝排除色素，但低溫 (< 10°C) 環境則蓄養時間需拉長至 12 週以上。在飼料營養上，除了排除養殖環境天然色素來源食物，Li 等人 (2009) 建議，商業化飼料中葉黃素及玉米黃質含量應低於 11 mg/kg，較不會導致魚片黃肉現象。另外，Qiufen (2012) 等人指出飼料若於製造、運輸或儲存不當時，容易造成不飽和脂肪酸氧化，魚攝食高氧化的飼料後，類胡蘿蔔素蓄積魚肌肉組織而導致魚肉變黃，因此飼料的儲運應保持乾燥陰涼；Ruff (2003) 等人的研究亦顯示：飼料中適量添加抗氧化劑 (如：維生素 C、E)，能提高養殖生物的抗氧化能力，避免魚肉在儲運的過程中氧化變黃。

養殖管理上，Phu 等人 (2014) 認為較深

池水及較高換水率的養殖環境，可能是生產高品質白肉魚的關鍵。Hanson (2013) 在鮭魚的投餵策略上，則建議依魚體大小區分，多批次養殖、盡可能不要讓養殖池中存在天然來源的食物、在收獲前提供較長時間商業化飼料的投餵並避免採收規格外體型過小的魚隻；針對養殖池水的管理，則建議可調整池水的鹽度、增加曝氣或適當調整池水的鹼度。Hu (2020) 指出，鮭魚養殖池中小型生物或微生物的攝取是天然色素的來源，與黃肉的發生率有顯著性的關係，建議可利用濾網過濾掉 75  $\mu\text{m}$  以上的小型生物，如一些天然的餌料魚類 (gizzard shad)。

最後，對於黃肉魚片是否能用加工處理的方式來還原魚片的原色？美國奧本大學 Li (2012) 的博士論文表示曾添加不同化學食品漂白劑，嘗試是否能讓鮭魚黃肉魚片變白，結果顯示無論是添加抗壞血酸 (ascorbic acid)、抗氧化劑丁基羥基甲氧苯 (butylated hydroxyl-anisole, BHA)、檸檬酸 (citric acid) 和焦亞硫酸鈉 (sodium metabisulfite)，都無法成功地還原色變；碳酸氫鈉 (sodium bicarbonate) 的添加雖然能降低魚片的黃色程度，但是在保存 12 天後魚片則變黑；亞硫酸氫鈉 (sodium bisulfate) 的使用雖然能讓魚片更亮、黃色淡化，但亞硫酸氫鈉做為水產品漂白劑違反食品衛生安全管理法，因此建議非病原感染性黃肉態樣的新鮮吳郭魚魚片或許能進一步開發成調理食品，以降低養殖業者的損失。本所近年為平衡國內產銷失平衡之大宗漁獲，曾推出一系列吳郭魚產品，包含魚排、魚丸、魚蛋糕、魚香腸等 (圖 5)，相信能支援吳郭魚黃肉魚片多元化開發所需

之缺口技術。



圖 5 本所針對產銷失平衡之吳郭魚片建立多元商品開發技術，包含魚蛋糕、魚饅頭、魚香腸及魚鬆等產品

## 結語

近年來國內的養殖吳郭魚在收獲加工分切時亦偶見黃肉態樣之魚片，依據業者口述其發生比例約佔總量的 10%，色變之魚片產品在出口國際市場常遭受阻礙，嚴重影響漁民收益。本文收集全球近 20 餘年有關養殖漁獲非病原感染性黃肉相關文獻，探討主次要成因，並彙整了各國專家建議之處理方法及注意事項，期能提供國內相關養殖業者因應措施，減少魚損，共創健全食安之養殖體系。