

The biochemical property between “Sik-Bah” and burnt meat from Pacific Bluefin tuna (*Thunnus thynnus orientalis*)

Shu-Chi Cho, Ming-Chih Huang*

Department of Biological Sciences and Technology, National University

Abstract — From April to July, the Pacific bluefin tuna (*Thunnus thynnus orientalis*) will migrate to Taiwan's east coast every year. The bluefin tuna is one of the important fishery species in Taiwan. Since bluefin tuna taste good, it often as sashimi and other Japanese cuisine advanced ingredients. In those years, the reduced amount of resources to make bluefin tuna renew high prices records in the international market. It is important for meat colors of bluefin tunas, red meat is fresh and quality assurance. But the Donggang fishermen legend meat that presents a pale, soft and a little sour of tuna meat known as "cooked-meat" (pronounced Taiwanese to Sik-Bah). Cooked-meat is an abnormal meat, often occurs in the case of tuna muscle, especially bluefin tuna (*Thunnus thynnus*), bigeye tuna (*Thunnus obesus*) and yellowfin tuna (*Thunnus albacares*). Donggang fishermen describe the main features of cooked-meat as follow; pale flesh, lack of flexibility and sour. Foreign reports “burnt meat” are very similar to cooked-meat because their features also have pale, lack of flexibility, slightly sour and others. Is the “cooked-meat” same as “burnt meat”? Because Taiwan have no any references, it is difficult to determine. This paper aims to explore the biochemical property between “burnt meat” and “cooked-meat”.

In order to know the characteristics of cooked-meat, interviews for tuna related worker 30, and sampling cooked meat for laboratory analysis including pH, color quality (L^* , a^* , b^*) and electrophoresis.

The results of interview by Donggang fishermen show that the property of cooked-meat including pale (90%), soft (73%), sour (67%), rancid (53%). May cause cooked meat at a temperature factor was the highest (93%), followed by storage mode (53%), the period time of death (37%), sun or moon irradiation (30%), gender impact (30%), species strain (27 %), death struggle (20%). The results of the data showed that the pH value of cooked-meat (5.56 ± 0.1 , $n = 14$) was lower than normal meat (5.96 ± 0.2 , $n = 14$). The color values of brightness (L^*) (39.61 ± 3.36 vs 29.07 ± 2.19 , $n=14$), blue and yellow degree (b^*) (12.41 ± 2.88 vs 7.77 ± 2.90 , $n=14$) in cooked-meat significantly higher than normal one. The SDS-PAGE electrophoresis analysis for cooked-meat from Donggang collected shown near 50 kDa protein band degradation. To be compared with papers reported from Yamashita and Ochiai, the degraded protein was creatine kinase. From the above results, the conclusion that "cooked-meat" was the same as "burnt meat."

In this study, we make sure that "cooked-meat" was "burnt meat." We will design new study by burnt meat references.

Index Terms — Pacific bluefin tuna, Sik-Bah, burnt meat, biochemical property.



台灣黑鮪熟肉現象與初步生化學分析

卓書齊、黃銘志*

國立臺南大學 生物科技學系

摘要

每年 4 月至 7 月間是太平洋黑鮪 (*Thunnus thynnus orientalis*) 洄游到台灣東海岸的季節，捕捉到的黑鮪魚是台灣重要漁業種類之一。黑鮪口感佳，常做為日本料理高級生魚片等食材，近年由於資源量減少使黑鮪在國際市場上屢刷高價紀錄。黑鮪肉質之顏色與價格有密切關聯，鮮紅的肉質是新鮮與品質的保證。然而東港漁民口中相傳一種肉質呈現蒼白、鬆軟及少許酸味的鮪魚肉稱為「熟肉」(台語發音為 *Sik-Bah*)。熟肉是異常肉的一種，常發生在鮪屬肌肉，特別是黑鮪 (*Thunnus thynnus*)、大目鮪 (*Thunnus obesus*) 及黃鰭鮪 (*Thunnus albacares*) 容易發生熟肉現象。東港漁民描述熟肉主要特徵為：肉色蒼白、缺乏彈性並略帶酸味。國外文獻記載一種異常肉稱為 *burnt meat* 特性與東港漁民所稱之熟肉極為相似，也具有蒼白、缺乏彈性、略帶酸味等特徵。台灣漁民所指熟肉是否與國外所指 *burnt meat* 相同?由於台灣無文獻參考及研究所以無法斷定。本論文旨在探討東港地區漁民所指熟肉與國外文獻紀錄 *burnt meat* 在生化學上之異同。為了解東港地區漁民所認知之熟肉特性，透過訪談及調查東港鮪魚相關業者 30 位，針對熟肉特性及可能發生原因作問卷調查，並實際採黑鮪熟肉樣本進行實驗分析，測定了熟肉基本生化特性如 pH 值、色彩質 (L^* , a^* , b^*)、電泳等。調查結果顯示，東港漁民普遍認為熟肉之特徵為蒼白 (90%)、柔軟 (73%)、酸味 (67%)、腐臭味 (53%)。產生熟肉可能原因以溫度因素最高 (93%)、其次為保存方式 (53%)、死亡時間 (37%)、日月照射 (30%)、性別影響 (30%)、黑鮪品系 (27%)、死前掙扎 (20%) 等。實驗結果之數據顯示，熟肉之 pH 值 (5.56 ± 0.1 , $n=14$) 低於正常黑鮪肉 (5.96 ± 0.2 , $n=14$)。另在色彩值分析結果，亮度 (L^*) (39.61 ± 3.36 vs 29.07 ± 2.19 , $n=14$)、藍黃度

(b^*) (12.41 ± 2.88 vs 7.77 ± 2.90 , $n=14$) 在熟肉明顯高於正常肉。另在 SDS-PAGE 電泳分析東港採集黑鮪熟肉中發現在 50 kDa 附近有蛋白質降解現象。經與 Yamashita 及 Ochiai 發表黑鮪 *burnt meat* 論文對照確認降解蛋白質是磷酸肌酸 (creatine kinase)。由以上所得結果，確認東港漁民所謂「熟肉」即是國外文獻中敘述的異常肉「*burnt meat*」。經由本次調查及研究結果確認東港黑鮪所採集之熟肉為 *burnt meat*，將可參考國外研究方法，彌補國內無研究紀錄之空白。在鮪魚資源逐漸枯竭之際，希望國內漁政單位注意鮪魚熟肉發生問題，降低漁民損失。
關鍵字：太平洋黑鮪、熟肉、*burnt meat*、生化特性

壹、前言

台灣的鮪魚產業起源於日治時期，深受日本漁業文化影響。台灣位於太平洋西岸，捕獲黑鮪以太平洋黑鮪為主，捕撈方式則以延繩釣為大宗。由於黑鮪具有高度的經濟價值，在全世界形成了黑鮪捕撈熱潮 (Collette et al., 2011)。台灣屏東縣東港鎮鹽埔漁港為台灣黑鮪最主要卸貨漁港之一，每年 4 月至 7 月為黑鮪捕撈時期，一年一度的黑鮪魚季更是吸引大量的人潮，帶來龐大商機。

自古以來漁民就發現魚肉在特殊情況下易發生異常現象，如豆花肉、蜂巢肉或是變色肉。熟肉也是異常肉的一種，常發生在鮪類等大型魚類肌肉，尤其是在黑鮪 (*Thunnus thynnus*)、大目鮪 (*Thunnus obesus*)、黃鰭鮪 (*Thunnus albacares*) 都常發生。熟肉特徵是肉色較白，口感缺乏彈性，味道略帶酸性 (圖一)，有時還有輕微的腐肉味。熟肉的問題造成漁民嚴重的經濟損失，原本價值不斐的

黑鮪肉，發現是熟肉後只能以低價賣給鮪魚加工業者作為鮪魚香腸、醬醃鮪魚或是貓狗飼料之原料。

熟肉的問題長期存在於台灣的漁業中，但學術界卻鮮少有人研究或關心，在日本及西方國家的研究論文中，有近似熟肉現象之描述。在日本被稱為「yake niku」，英文稱「burnt meat」或「burnt tuna」(Konagaya, Yamane, & Amano, 1969)，特徵為蒼白的肉色、缺乏彈性肉質、較差的保水性及帶有酸味(Cramer, et al., 1981)。文獻中也指出 burnt meat 除了發生在鮪屬魚類外，也發生在鰺魚(yellowtail)身上(Konagaya & Konagaya, 1979)。由於台灣之熟肉現象與 burnt meat 極為相似，我們懷疑熟肉就是所謂的 burnt meat。為了釐清熟肉與 burnt meat 之間的關係，除了透過調查及訪談了解東港黑鮪相關業者對黑鮪熟肉之認知及了解外，也透過實驗分析，比較熟肉及正常肉之生化特性，所得結果與國外發表之文獻做對比，藉以釐清熟肉與 burnt meat 之間的關聯。實驗的測定項目包括 pH 值、色彩質 (L^* , a^* , b^*)、一維電泳等基礎生化特性。



圖一 太平洋黑鮪 (*Thunnus thynnus orientalis*) 之熟肉與正常肉，上圖為熟肉；下圖為正常肉。(卓書齊攝於屏東東港鹽埔漁港)

貳、研究方法

一、訪談及調查

有經驗的船長與鮪魚業者，可以憑藉他們的經驗，來分辨熟肉及無熟肉的黑鮪，這些鮪魚的外觀

與熟肉有甚麼樣的關係?是我們很了解的重點之一。

調查地點在台灣屏東縣東港鎮，調查時間為西元 2013 年 9 月到 2014 年 7 月，調查對象為東港鎮從事黑鮪相關業者 30 名。包含黑鮪料理業者 4 位、魚貨採購員 5 位、黑鮪庖解業者 5 位、漁船作業員 4 位、船長 4 位、行政管理人員 1 位、黑鮪販賣業者 7 位。採用訪談方式詢問黑鮪相關問題包含：黑鮪熟肉特徵、黑鮪生態、黑鮪捕捉方式、黑鮪捕捉後處理方式、黑鮪捕捉後保存方式、黑鮪運送方式、黑鮪熟肉發生率、黑鮪發生熟肉可能原因。

二、黑鮪熟肉生化學分析

太平洋黑鮪 (*Thunnus thynnus orientalis*) 之熟肉 14 件及其對照組之正常肉 14 件共 28 件樣品採集自屏東東港鹽埔漁港，採集時間為 2014 年 4 月底至 7 月初。在東港鹽埔漁港內直接觀察當日捕獲黑鮪庖解過程，在庖解過程中一旦發現有黑鮪熟肉時，立刻與魚販協商購買取樣，由於熟肉產生以深層肌肉近脊椎骨附近紅肉較易發生，故此區為採樣重點，採完熟肉後也同時採取附近正常肉做為對照組。購得之樣品保存在攜帶式冰箱中攜帶回實驗室於 -60°C 冰箱中保存直至實驗需要。

(一) pH 值測定

實驗方法參照 Van Laack 等人於 2000 年發表方法 (Van Laack et al., 2000)，取 1 g 熟肉及正常肉組織，加入 5 ml 蒸餾水中，使用均質機均質呈單一相後，使用 pH meter (pH Meter, Extech Instruments Corporation, USA) 測其酸鹼度。

(二) 色彩值測定

實驗方法參照 Lesiów 及 Xiong 於 2013 年發表之方法 (Lesiów & Xiong, 2013)，取熟肉及正常肉組織，平鋪於實驗桌上，使用色差計 (SP 60 Portable Sphere Spectrophotometer, X-rite, USA) 測量肉之色彩值，色差計先以標準板校正使其標準化後，取亮度 (L^*)、紅綠值 (a^*)、藍黃度 (b^*) 做黑鮪正常肉與熟肉比較。一個樣本測量三個部分以上，並取其統計值。

(三) 一維蛋白質電泳測量

一維電泳方法參照 Laemmli 於1970年發表方法，15% SDS-PAGE 作蛋白質電泳分析 (Laemmli, 1970)。電泳的 marker 購於 Sigma Chemical Co. (SDS-7; St-Louis, MO, USA)，將熟肉及正常肉組織加9倍純水後，使用均質機均質，電泳後的膠片使用0.1% Coomassie Brilliant Blue R-250 (Sigma, MO, USA) 溶於 methanol/acetic acid/water (5:1:4, v/v) 染色，再用照相或掃描方式儲存畫像。

三、統計分析

黑鮪熟肉生化學測定熟肉 14 件及正常肉 14 件共 28 件樣品，測定項目包括了：pH 值、色彩值 (L^* , a^* , b^*) 等。實驗結果採 t-test 統計以軟體 Sigma Plot 統計分析，($p < 0.001$) 為極顯著差異、($p < 0.01$) 為很顯著差異、($p < 0.05$) 為顯著差異，表示數字為平均數 (mean)±標準差 (standard deviation)。

參、結果

一、訪談及調查

透過與 30 位黑鮪相關業者訪談及調查。將東港漁民及業者對於熟肉之特性認知進行統計，結果如圖二所示。30 位受訪者中有 27 位認為肉色蒼白為其特徵 (90%)；22 位認為肉質柔軟為其特徵 (73%)；20 位認為口感呈酸味為其特徵 (67%)；16 位認為腐臭味為其特徵 (53%)。另外根據與黑鮪相關業者訪談及調查結果，將其所認為黑鮪熟肉產生之可能原因進行統計，結果如圖三所示；30 位受訪者中有 28 位認為是溫度有關 (93%)；16 位認為保存方式有關 (53%)；11 位認為是死亡時間 (37%)；9 位認為是日月照射 (30%)；9 位認為是性別影響 (30%)；8 位認為是黑鮪品種 (27%)；6 位認為是死前掙扎 (20%)；1 位認為是脂肪太少 (3%)；1 位認為是血液溫度 (3%)；調查中沒有人認為是乳酸堆積造成熟肉 (0%)。

二、黑鮪熟肉生化學調查

(一) pH 值測定

黑鮪熟肉及正常肉組織 pH 值測定之結果，如圖四所示，兩者 pH 值之間有著顯著的差異 (P

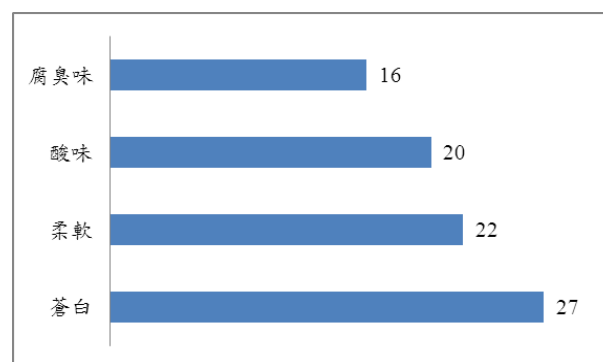
< 0.001)，熟肉 pH 值為 5.56 ± 0.1 ，低於正常肉 5.96 ± 0.2 。

(二) 色彩值測定

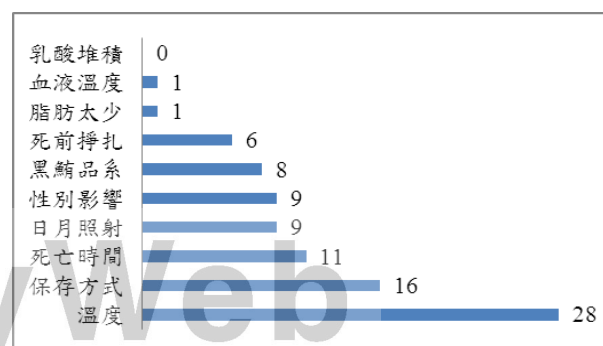
黑鮪熟肉及正常肉組織色彩值 (L^* , a^* , b^*) 測定之結果，如圖五所示，首先在亮度 (L^*)，兩者間有極顯著差異 ($P < 0.001$)，其中熟肉亮度為 39.61 ± 3.36 明顯高於正常肉 29.07 ± 2.19 ，另外在紅綠值 (a^*) 部分，兩者之間並沒有太大差別，熟肉為 12.52 ± 3.62 ，正常肉則為 12.55 ± 5.33 ，然而在藍黃度 (b^*) 部分，熟肉 12.41 ± 2.88 高於正常肉 7.77 ± 2.90 ($P < 0.001$)。

(三) 一維蛋白質電泳測量

將黑鮪熟肉與正常肉經水萃取水溶性蛋白質後，經 15% SDS-PAGE 電泳分析，結果如圖六所示。比較後發現，熟肉在 50 kDa 附近有一個多勝肽帶消失，如圖六箭頭所示。

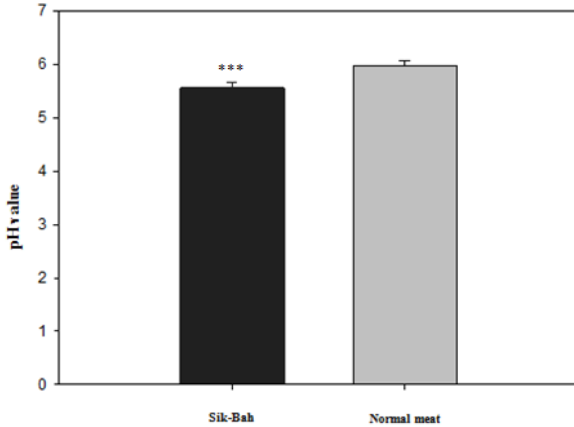


圖二 東港漁業從業人員對黑鮪熟肉特性認知之統計圖。30 位受訪者中有 27 位認為是肉色蒼白 (90%)；22 位認為是肉質柔軟 (73%)；20 位認為是口感具酸味 (67%)；16 位認為具有腐臭味 (53%)。

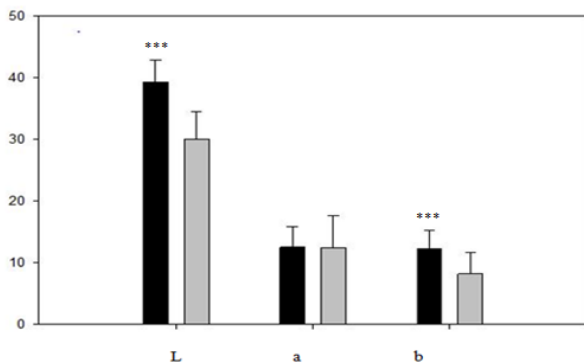


圖三 東港漁業從業人員對黑鮪熟肉可能發生原因之統計圖。30 位受訪者中有 28 位認為是溫度 (93%)；16 位認為保存方式 (53%)；11 位認為是死亡時間 (37%)；9 位認為是日月照射 (30%)；9 位

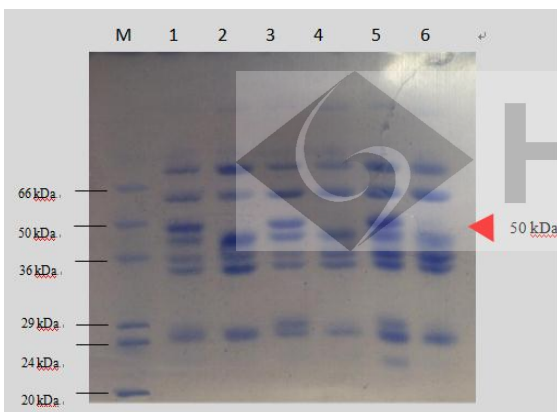
認為是性別影響 (30%)；8 位認為是黑鮪品種 (27%)；6 位認為是死前掙扎 (20%)；1 位認為是脂肪太少 (3%)；1 位認為是血液溫度 (3%)；0 位認為是乳酸堆積。



圖四 黑鮪 (*Thunnus thynnus*) 熟肉(Sik-Bah) 及正常肉 (Normal meat) 之 pH 值比較圖。熟肉之 pH 值為 5.56 ± 0.1 ，正常肉為 5.96 ± 0.2 。(n=14)。



圖五 黑鮪 (*Thunnus thynnus*) 熟肉及正常肉之色彩值比較圖。L*值 (亮度) 部分，熟肉為 39.60 ± 3.36 ，正常肉為 29.07 ± 2.19 。a* 值 (紅綠值) 方面，熟肉為 12.55 ± 5.3 ，正常肉則為 12.52 ± 3.62 ，b* 值 (藍黃度) 部分，熟肉為 12.41 ± 2.88 ，正常肉為 7.77 ± 2.90 。(n=14)



圖五 黑鮪 (*Thunnus thynnus*) 熟肉及正常肉之 15% SDS-PAGE 圖。Lane, 1、3、5：黑鮪正常肉。Lane, 2、4、6：黑鮪熟肉。M 為 Marker, SDS-7 (Sigma)

肆、討論

經與30位東港黑鮪相關業者訪談，針對熟肉特徵做一認知性的探討，得知東港黑鮪相關業者對熟肉特徵中，以顏色認知最為強烈，認為熟肉色澤較淡 (90%)、缺乏彈性之肉質 (73%)。味道除較酸以外 (67%)，還具輕微腐肉味 (53%)。特別是熟肉顏色蒼白更是高達90%，表示顏色是判別熟肉關鍵特徵之一。此次研究我們將色澤做為檢測項目之一。其次缺乏彈性之肉質也高達73%，另具有酸味及腐肉味也達67%及53%，均超過一半以上，與外國文獻討論burnt meat 特性十分相似 (Gibson, 1984; Hochachka & Brill, 1987; Watson, 1995)。在訪談及調查當中，我們初步認定熟肉就是 burnt meat。在熟肉特性調查當中，也調查東港當地黑鮪相關業者認為熟肉可能發生原因。並針對訪談中出現較高頻率的幾項因素 (溫度、保存方式、死亡時間、日月照射、黑鮪品種、性別影響、死前掙扎) 進行探討。

一、溫度

越接近海平面水溫就越高，據船長及船員敘述，當黑鮪死後魚體越接近海面，熟肉發生率就越高。隨著黑鮪順海流北上之4至7月期間，台灣漸進入夏季，天氣及水溫越來越高，熟肉發生率相對提高。經和Watson統計顯示，夏季較易產生 burnt meat (Watson, Bourke, & Brill, 1988)。夏季的高溫，可能是熟肉產生之重要因素。

二、保存方式

船隻的設備與技術和黑鮪產生熟肉有關聯。設備與冷凍方式有直接關係，技術則與黑鮪捕撈上船時處理有關。東港地區的黑鮪釣船，有些僅以碎冰做為保存方式，相對以超低溫冷凍保存船而言，發生熟肉機率較高。此外黑鮪捕撈上船時之處理方式也相當重要，去鰓放血處理內臟等措施有助於保存黑鮪鮮度，降低熟肉產生。

三、死亡時間

東港黑鮪漁船以鮪延繩釣法捕捉黑鮪，非一支釣法。鮪延繩釣法常放任黑鮪魚在海中死亡。黑鮪在海中死亡越久，肉質變化越為強烈，產生熟肉或異常肉的情形也越高。

四、日月照射

有趣的是；在訪談過程中，漁民提到了光線照射是造成熟肉可能原因之一。光線的來源來自日光及月光。光線造成熟肉的原因至今不明。當黑鮪浮上水面或經漁繩拉上水面時，一旦經陽光或月光照射，發生熟肉機率也會升高。根據船長說明，可能是陽光或月光照射之能量所致。有文獻指出，紫外光照射作用會增加肌肉肌紅蛋白氧化的催化，且對部分的球蛋白造成危害，也就是所謂的光氧化作用 (photo-oxidation) 所造成 (Swatland, 1991)。光氧化作用是指物質在受到光的作用下，與氧發生反應，所以此情形可能與光氧化作用有關。

五、黑鮪品系

就算是同種生物，個體間也有可能存在許多明顯的差異，像是人種差異，不論長相、髮色、瞳色等都有明顯不同。黑鮪也有不同品系存在。根據魚貨採購員描述，台灣海峽可以捕捉到黑鮪分為兩種品系；一種為皮較厚、較黑、較圓俗稱「厚殼仔」，另一種為身材較苗條、皮較薄稱之為「花露仔」。黑鮪品系之不同也可能影響著熟肉發生機率，根據黑鮪相關業者敘述，厚殼仔個性較剛硬，當被魚鉤鉤上時，通常會劇烈掙扎，容易死亡，產生熟肉機率也較大。另一種品系花露仔個性相對較柔和，當被魚鉤鉤上時，掙扎較不激烈，捕撈上船時，尚未死亡之機率也較高，產生熟肉機率相對較低。有關花露仔、厚殼仔品系之研究尚未有文獻記載。此外，在陸地上牲畜業，也存在著類似黑鮪熟肉的現象，此種肉品稱為水樣肉 (Pale, soft and exudative, PSE) (Lee & Choi, 1999)，發生原因與動物品系有很大之關係 (Estrade, Vignon, & Monin, 1993)。以豬隻為例，RN 基因 (Rendement Naploe gene, RN gene) 常存在漢布夏品種 (hampshire) 的豬隻，此基因與肌肉含較高肝醣量及屠後屠體 pH 值較低有關 (Monin & Sellier, 1985)。換句話說，具RN基

因之豬隻較易產生水樣肉。

六、性別影響

根據9位資深黑鮪業者敘述，雌性黑鮪較雄性黑鮪更容易產生熟肉。

七、死前掙扎

根據6位資深黑鮪業者表示，當黑鮪上鉤時，掙扎反抗較激烈之黑鮪，較容易產生熟肉。以生化角度而言，動物在激烈運動時，體溫會升高，肌肉進行無氧醣解，乳酸堆積導致 pH 值降低。所以熟肉之原因，可能與黑鮪在鉤上時，激烈掙扎導致低溫灼傷，進而產生熟肉。Cramer 表示，當黑鮪被捕捉時地激烈掙扎，加上龐大體型，使其體溫不斷上升，加速無氧代謝，使 pH 值快速下降，最後導致 burnt meat 現象 (Cramer, et al., 1981)。

我們在熟肉採集時發現，熟肉產生在深層肌肉近脊椎骨附近肌肉，這可能與黑鮪生理有關。黑鮪不同於一般魚類，屬於溫血動物。黑鮪脊椎骨兩側之紅肉「血合肉 (dark meat)」具有較高之代謝率。透過逆流系統 (counter current) 進行熱交換，使身體保持一定體溫而不失溫。所以熟肉產生可能與逆流系統之熱交換有關。熟肉較易發生於脊椎骨、血合肉附近為逆流系統作用較強烈區域。所以熟肉之發生，可能與黑鮪本身特殊生理有關聯。

pH 值分析部分，熟肉的 pH 值為 5.56 ± 0.1 ，低於正常肉之 5.96 ± 0.2 ，這可能是熟肉比正常黑鮪肉，略帶酸味之原因。可能是當黑鮪魚上鉤時，欲擺脫鉤子而激烈的掙扎，導致體溫會升高，肌肉會開始進行無氧醣解，乳酸堆積於肌肉中，導致 pH 值降低。加上黑鮪龐大的體型以及堅硬的魚鱗，可能使熱較難從體內散出，以致於造成低溫灼傷產生熟肉。在 Nakamura 實驗中也記錄 burnt meat 之 pH 值比正常肉低 (Nakamura, Fujii, & Ishikawa, 1977)。另在環境溫度部分，夏季較炎熱的天氣，加速醣解作用，使肌肉不僅肝醣利用率增加，同時肌肉中乳酸的產生也會提高，可能是造成 pH 值較低之原因 (González-Alonso, Calbet, & Nielsen, 1999)。在台灣，4月至7月為黑鮪捕撈時期，根據漁民表示，隨著進入夏季，氣溫逐漸升高，熟肉產生率也會提高。

在色彩值方面，亮度 (L*) 及藍黃度 (b*)，熟肉明顯高於正常黑鮪肉。較高之亮度使得熟肉顯得較為蒼白。也有文獻指出 pH 值的不同，會影響肉色表現 (Sicard et al., 1997; Warriss & Brown, 1987)，在 Liang 等人文獻中，burnt meat 也呈現較高的亮度及藍黃度 (Liang et al., 2012)。

一維電泳方面，在50 kDa 附近有一多肽帶消失。間接證明了熟肉的產生可能伴隨著蛋白質降解。可能是高溫、低 pH 值使得肌肉蛋白質變性、失活，最後造成降解。在 Yamashita等人 (Yamashita, Yabu, & Ojima, 2010) 及Ochiai (2010) 文獻指出，此蛋白為 creatine kinase。所以熟肉之形成，高溫及低 pH 值可能有著極大關係。

Konagaya 及 Konno 文獻中提到，burnt meat 的產生，伴隨著蛋白質的變性、降解 (Konagaya & Konagaya, 1979; Konno & Konno, 2014)。

根據我們訪談及調查結果，及實驗熟肉與正常肉生化特性比較，熟肉現象與 burnt meat 極為相似，所以我們認為長期發生在台灣黑鮪產業所謂熟肉，可能與國外文獻 burnt meat 描述的為同一種現象，因此我們認為熟肉就是 burnt meat。在未來研究上我們將參考 burnt meat 相關之文獻，進行日後研究之參考及依據，希望能更加釐清熟肉產生真正之原因以及機制，為台灣漁業盡一份心力。

伍、致謝

感謝屏東東港鎮多位接受訪談之鮪釣漁船船長、船員、黑鮪相關業者及漁港管理員等提供相關訊息及資料，感謝本實驗室黃培堯、卓子祥、孫于琿的校對及台南大學環境生態學院生科系及生態系同學的協助調查，最後感謝行政院國家科學委員會計畫：NSC102-2313-B024-002- 之經費支援，使得調查工作得以順利完成。

陸、參考文獻

- [1] Collette, B., Carpenter, K., Polidoro, B., Juan-Jordá, M., Boustany, A., Die, D., et al. (2011). High value and long life-double jeopardy for tunas and billfishes. *Science*, 333 (6 0 4 0) , 2 9 1 - 2 9 2 .
- [2] Cramer, J., Nakamura, R., Dizon, A., & Ikehara, W. (1981). Burnt tuna: conditions leading to rapid deterioration in the quality of raw tuna. *Marine fisheries review*, 43(6), 1 2 - 1 6 .
- [3] Estrade, M., Vignon, X., & Monin, G. (1993). Effect of the RN- gene on ultrastructure and protein fractions in pig muscle. *Meat Science*, 3 5 (3) , 3 1 3 - 3 1 9 .
- [4] Gibson, D. J. M. (1984). Southern bluefin tuna for the sashimi market: Ministry of Agriculture and Fisheries, 42.
- [5] González-Alonso, J., Calbet, J. A., & Nielsen, B. (1999). Metabolic and thermodynamic responses to dehydration-induced reductions in muscle blood flow in exercising humans. *The Journal of Physiology*, 520(2), 577-589.
- [6] Hochachka, P., & Brill, R. (1987). Autocatalytic pathways to cell death: a new analysis of the tuna burn problem. *Fish physiology and biochemistry*, 4(2), 81-87.
- [7] Konagaya, S., & Konagaya, T. (1979). Acid denaturation of myofibrillar protein as the main cause of formation of Yake-Niku, a spontaneously done meat, in red meat fish. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 45 (2) , 2 4 5 - 2 4 5 .
- [8] Konagaya, S., Yamane, K., & Amano, K. (1969). On body temperatures of tunas at the time of haulage. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 3 5 , 4 1 0 - 4 1 6 .
- [9] Konno, Y., & Konno, K. (2014). Myosin denaturation in "Burnt" Bluefin tuna meat. *Fisheries Science*, 80(2), 381-388.
- [10] Laemmli, U. K. (1970). Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*, 227(5259), 6 8 0 - 6 8 5 .
- [11] Lee, Y., & Choi, Y. (1999). PSE (pale, soft, exudative) Pork: The Causes and Solutions

- (A review). *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 12(2), 244-252.
- [12] Lesiów, T., & Xiong, Y. L. (2013). A simple, reliable and reproductive method to obtain experimental pale, soft and exudative (PSE) pork. *Meat Science*, 93(3), 489-494.
- [13] Liang, X., Yoshida, A., Osatomi, K., & Hara, K. (2012). Changes in type I collagen of cultured yellowtail *Seriola quinqueradiata* burnt meat. *Bulletin of the Faculty of Fisheries, Nagasaki University*, 93, 51-58.
- [14] Monin, G., & Sellier, P. (1985). Pork of low technological quality with a normal rate of muscle pH fall in the immediate post-mortem period: The case of the Hampshire breed. *Meat Science*, 13(1), 49-63.
- [15] Nakamura, K., Fujii, Y., & Ishikawa, Y. (1977). Experiments on the prevention of 'burning' of tunas. An examination of causes of occurrence. *Bulletin of Tokai Regional Fisheries Research Laboratory*, 90, 39-43.
- [16] Ochiai, Y. (2010) Changes in quality and denaturation of sarcoplasmic protein components in the burnt meat of bluefin tuna *Thunnus thynnus orientalis*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 76 (4), 695-704.
- [17] Sicard, G. A., Reilly, J. M., Doblaz, M., Orgaz, A., Rubin, B. G., Flye, M. W., et al. (1997). Autologous vein reconstruction in prosthetic graft infections. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, 14, 93-98.
- [18] Swatland, H. (1991). Analysis of signals from a UV fluorescence probe for connective tissue in beef carcasses. *Computers and Electronics in Agriculture*, 6(3), 225-234.
- [19] Van Laack, R., Liu, C. H., Smith, M., & Loveday, H. (2000). Characteristics of pale, soft, exudative broiler breast meat. *Poultry Science*, 79(7), 1057-1061.
- [20] Warriss, P. D., & Brown, S. (1987). The relationships between initial pH, reflectance and exudation in pig muscle. *Meat Science*, 20(1), 65-74.
- [21] Watson, C. (1995). Burnt tuna: A problem of heat inside and out? *Biochemistry and Molecular Biology of Fishes*, 5, 127-145.
- [22] Watson, C., Bourke, R., & Brill, R. W. (1988). A comprehensive theory on the etiology of burnt tuna. *Fishery Bulletin*, 86(2), 367-372.
- [23] Yamashita, M., Yabu, T., & Ojima, N. (2010). Stress protein HSP70 in fish. *Aqua-BioScience Monographs*, 3(4), 111-141.

作者介紹

卓書齊

2013年畢業於國立虎尾科技大學飛機工程系航空電子組，現就讀於國立台南大學生物科技學系碩士班。目前研究主題主要為探討黑鮪熟肉之現象，包括：熟肉產生之機制、熟肉與自由基之間的關連等，另外也參與台灣漁業相關之議題，例如：魚翅、孢子蟲等。希望為台灣之漁業盡一份微薄之力。

黃銘志

2004年畢業於日本東京大學農學生命科學研究科水圈生物科學專攻，主要探討魚類基因及肌肉結構蛋白，之後在獨立行政法人理化學研究所基因總合研究中心擔任研究員，研究主題為癌症基因體、抗老化基因、先天性癲癇基因等。2008年起擔任國立台南大學生物科技學系教師，目前興趣為海洋生物基因結構、養殖技術開發、鮪魚魚類學及異常肉研究等。