

以電磁掃瞄法測定海鱸魚體一般成分之可行性研究

王文政^{1*} · 葉蕙玲² · 劉淑真¹ · 吳純衡¹

¹ 行政院農業委員會水產試驗所 水產加工組

² 基隆市政府 海洋發展局

摘 要

海鱸 (*Cobia, Rachycentron canadum*) 魚體之一般成分差異大, 且不容易由外形辨別, 本研究嘗試應用低週電磁波掃瞄 (Electromagnetic scan, EM-scan) 之非破壞性分析, 建立海鱸魚體之預估方程式, 以評估品質指標。

掃瞄所用之海鱸體重 2,880 ~ 8,340 g, 其一般成分分析結果, 水分含量隨魚體體重增加而減少, 脂肪含量則隨魚體體重增加而增加, 且其與水分含量呈負相關 ($R^2 = 0.965$)。至於灰分及蛋白質含量則不因魚體大小不同而有明顯差異 ($p > 0.05$)。

以體導電值、體重、尾叉長及魚體水分、瘦肉值、灰分和蛋白質等一般成分測定值, 經統計可得出適用之預估方程式 (R^2 值分別為 0.981、0.983、0.941 和 0.984)。

脂肪預估方程式之 R^2 值較低為 0.784, 為檢驗此預估方程式之實用性, 另採海鱸 6 件樣品, 分別測量其體重、體長及 TOBEC 值, 推算出魚體水分、脂肪之預估值, 與實測值進行 paired t-test 檢測, 結果仍為可行。故知此等非破壞性分析方法均有助於預測海鱸魚體之一般成分。

關鍵詞：海鱸、非破壞性、脂肪含量、一般成分、電磁掃瞄法

前 言

海鱸 (*Cobia, Rachycentron canadum*) 為中型的熱帶性海水魚類, 是台灣箱網養殖最重要的魚種之一, 我國於民國 82 年將海鱸經人工催熟培育魚苗成功後, 至今其繁、養殖技術已經確立, 養殖 1 年可達 6 ~ 8 公斤, 第 2 年甚至可達 15 公斤以上。又因其具有疾病少、成本低、肉質鮮美等優點, 近年國內海鱸產量逐步增加, 但銷售市場易受業者互相競價及進口品的低價影響而使價格滑落, 如何建立品牌及分級制度使產銷平衡, 則有待研究海鱸品質之分級標準, 供養殖場拓展銷路 (蕭, 2000)。海鱸養殖場之魚肉脂肪含量差異很大, 很難由外形辨別, 背肉脂肪範圍為 6.6 ~ 14.6%, 平均值為 10.8%; 腹肉脂肪的範圍 11.4 ~ 24.6%, 平均值為 18.8%; 腹肉脂肪含量約為背肉

的 1.8 倍。若將海鱸背腹肉取下由頭端至尾端各分四等段, 分析其脂肪含量, 結果腹肉第三段前端部分脂肪含量與全腹肉相近 (陳等, 2001), 而背肉第三段中間部位脂肪含量則與全背肉相近, 此二部位是背、腹肉最簡便的脂肪含量測定位置。

海鱸個體脂肪含量差異大且不容易由外形辨別, 通常魚體組成之水分和脂肪含量成反比, 而脂肪含量加水分含量約為定數, 故先測定魚體水分含量, 再由定數減去水分含量來估算脂肪含量, 在目前仍不失為簡易之魚肉脂肪含量估算法, 因此脂肪的質與量差異可能適合作為海鱸之品質分級標準。

McComish *et al.* (1974) 以魚的體長和重量為基礎所作成之模式, 精確預測翻車魚 (*Lepomis macrochirus*) 的脂質百分率、蛋白質、灰分和乾物量, 開啟了快速預測體成分的方法。Brown and Murphy (1991) 亦發現一般成分與條紋鱸 (*Morone saxatilis*) 和美洲鱸 (*M. saxatilis* x *M. chrysops*) 幼魚之相對重量 (Wr) 有明顯的回歸相關。總體電傳導 (Total Body Electrical Conductivity,

*通訊作者 / 基隆市 202 和一路 199 號, TEL: (02) 2462-2101 轉 2620; FAX: (02) 2463-2677; E-mail: wcwang@mail.tfrin.gov.tw

TOBEC) 配合參數的預測模式，最初用於估計人體身體成分 (Presta *et al.*, 1983)，其後它也應用於小哺乳動物 (Keim *et al.*, 1988; Walsburg, 1988) 和鳥類 (Walsburg, 1988; Castro *et al.*, 1990) 的測定，此技術用來估計包括翻車魚 (Fischer *et al.*, 1996)、鯰魚 (*Ictalurus punctatus*) (Jaramillo *et al.*, 1994)、黑斑紅鱸 (*Sciaenops ocellatus*) (Bai *et al.*, 1994) 和旭鱸 (*M. chrysops* x *M. saxatilis*) (Brown *et al.*, 1993) 等之體成分，也經確認為一可靠的非破壞性檢測方法，不過此等研究仍多局限於測量小型魚體之體成分。相對地，一些研究者也報導 TOBEC 無法具體改進河鱒 (*Salvelinus fontinalis*) (Novinger and Del Rio, 1999) 之脂肪以及黃鱸 (*Perca flavescens*) 和大肚鯪 (alewife, *Alosa pseudoharengus*) 體水分測定之精確度 (Lantry *et al.*, 1999)。

在 TOBEC 測量時，樣品送入一個含有低頻率 (10 兆赫) 的螺旋形 (solenoidal) 線圈圓筒內，使其產生磁場振盪。由於體液內鈉和鉀的離子改變整個水合身體的傳導和電解質的特性，引起測樣在線圈中的阻抗。魚體插入上述之線圈圓筒內，魚體之幾何 (Geometry) 形態亦影響到魚體之電容及測量時阻抗的變化，因此利用與有關形態測量值結合的 TOBEC 值，能夠用來預測魚體瘦肉值和脂肪百分比 (Fiorotto *et al.*, 1987)。然而，使用 TOBEC 預測魚體的成分隨魚種而有不同，必須針對各個種類個體，分別予以確認 (Asch and Roby, 1995)。

本所曾針對黑斑紅鱸 (葉等, 1995) 及黃鰱 (Silver bream, *Sparus sarba*) (葉等, 1998) 兩種魚種進行掃描，以 TOBEC 值估算魚體各項體成分，就統計分析結果顯示，以此快速又不具破壞性的電磁掃描法，測定魚體一般成分確屬可行。

本研究旨在嘗試應用較大型低週電磁波掃描儀 (Electromagnetic scan, EM-scan) 之 TOBEC 值，來測試體型分佈範圍較大之養殖海鱸，建立海鱸魚體水分及脂肪含量之非破壞性分析技術，並利用預估方程式監測與改進魚類品質，進而提昇海鱸相關產業之競爭力。

材料與方法

一、材料

採集海鱸樣品 49 尾，分別取自 2 噸 FRP 養殖

桶，餵食飼料者 15 尾；餵食下雜魚者 15 尾；箱網養殖，餵食飼料者 19 尾，體重範圍 2,880~8,340 g，海鱸樣品採集後置於 FRP 養殖桶中馴養一週後，進行測試，各樣品數及體重範圍百分比如 Fig. 1 所示。

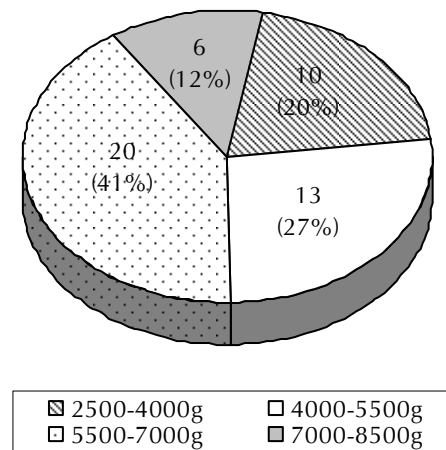


Fig. 1 Sampling number and percentage of the body weight distribution of cobia.

二、方法

供試魚放入含 250 ppm 麻醉劑 (乙二醇乙醚, Ethylene Glycol Monoethyl Ether, EGME) 之水桶中，待活動力減弱時，分別測定每尾魚之體長 (測至尾叉)、體重及計算其肥滿度 (Condition factor = Body weight / length³ x 1000)。以 EM-scan 檢測後，先放血再取具代表性部位之海鱸魚肉，背肉第 3 段中間部位 (D3M) 及腹肉第 3 段前端部位 (V3F) (如 Fig. 2 所示)。分別將每尾所取出之魚肉剝碎，並測定其一般成分。

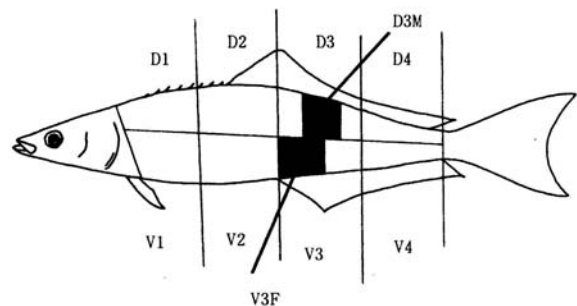


Fig. 2 Sampled portion of the experimental cobia.

三、一般成分分析

(一) 水分測定

依 A.O.A.C. (1980) 方法，秤取樣品 1~2 g，放入已烘乾並秤重之玻璃製水瓶中，再置於 105 °C 恆溫箱乾燥。每 2 hr 取出一次，置於乾燥器中冷卻 30 min 並秤重後，再放入恆溫箱中乾燥，反覆操作至達到恆重後計算水分含量。

(二) 粗蛋白質測定

依 凱氏蛋白質測定法 (Kjeldahl method) (A.O.A.C., 1980)，秤取樣品約 3 g，加催化劑 3 g ($K_2SO_4 : CuSO_4 \cdot 5H_2O = 9 : 1$) 及 20 ml 濃硫酸 (H_2SO_4) 於分解管中，以 380~400 °C 加熱分解至呈淡藍色，再以全氮蒸餾器蒸餾，用 4% 硼酸 (H_2BO_3) 收集，5 min 後以 0.1 N H_2SO_4 滴定至淡粉紅色並計算蛋白質含量。

(三) 粗脂肪測定

依 A.O.A.C. (1980) 方法，秤取 10 g 樣品，以濾紙包好裝入圓筒濾紙中，先在 105 °C 恆溫箱中乾燥 2 小時，再放入脂肪抽出器以乙醚 ($(CH_3CH_2)_2O$) 於 45 °C 迴流 16 hr 以上進行萃取，待 $(CH_3CH_2)_2O$ 回收之後，取下脂肪接收瓶，烘乾至恆重後計算粗脂肪含量。

(四) 灰分測定

依 A.O.A.C. (1980) 方法，秤取 1~2 g 樣品，放入烘乾過之坩堝中，置於 550 °C 之灰化爐內，灰化 6 hr 以上，取出置於乾燥器中，冷卻後秤重，灰化至恆重後計算灰分含量。

(五) 瘦肉值 (Lean body mass, LBM)

瘦肉值是以下述之計算公式求得：
 瘦肉值 = 魚體重 - 魚體粗脂肪重

四、EM-scan測定

魚體麻醉後擦乾，將魚體放置於測量曲板 (carrier sled)，即刻使用連接於低週電磁波掃描儀 (EM-scan, SA-3204 型) 之測定套筒內，掃描背肉第 3 段中間部位 (如 Fig. 2 所示 D3 之部位)，測定其總導電度，以減少因測定時間延誤而導致之

誤差 (Tobin and Finegood, 1995)。測量曲板以聚乙烯板製成，約 12.5 cm 寬；每尾魚至少測定 5 次，每次掃描 10 sec，讀取測定值並加以平均，即為該魚體之 TOBEC。

五、統計分析方法

將每尾魚測得之 TOBEC 值與化學方法分析之魚體一般成分值予以對應，以微軟軟體及 SAS 軟體進行各項迴歸、變異數及檢測統計解析，導出 TOBEC 值與各體成分間之關係方程式。為減少每尾魚和各個魚體中間之差異，使用 5 次重複讀值，顯著性設定 $p < 0.05$ 。其次再利用長度和重量作為獨立變量，魚體灰分、脂質、蛋白質、水和瘦肉值用作回應變數，以複式迴歸模型用來發展預估方程式，用以預測魚體一般成分。

為瞭解體成分之預測值與實測值間之差異，選取 6 尾供試魚，先測定其 TOBEC 值與體長、體重，以預估方程式算出其成分預測值，對應其以化學分析測得之體成分實測值，進行 Paired t-test 檢測，藉以判定此種方法之可行性。

結 果

一、一般成分分析結果

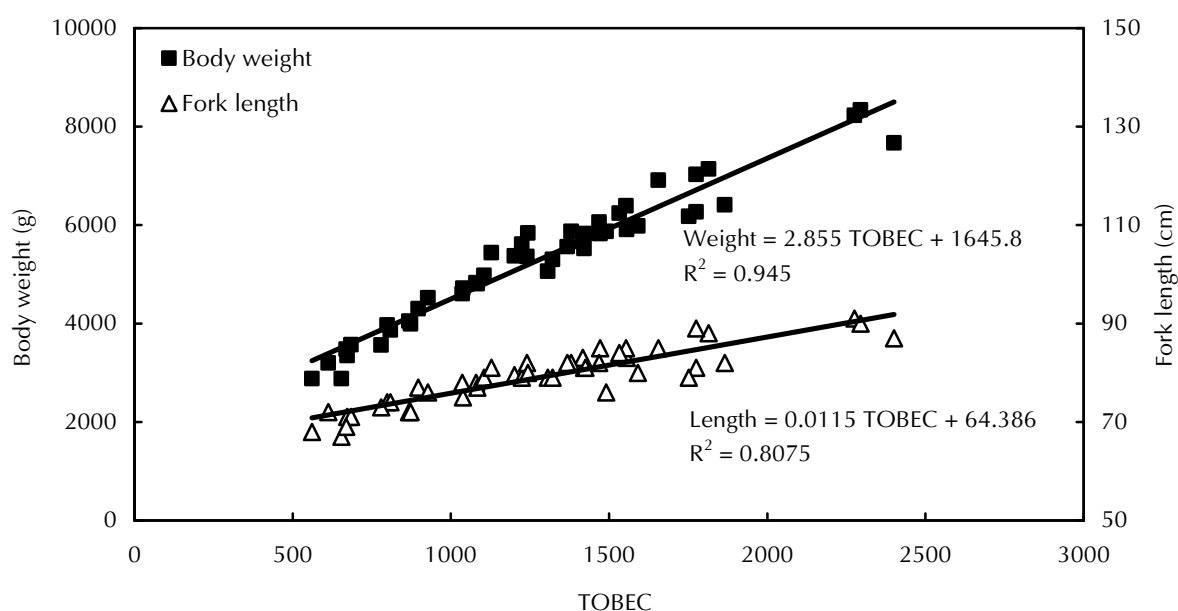
供試之海鱸一般成分分析結果如 Table 1 所示，水分含量隨魚體體重增加而減少，脂肪含量則隨魚體體重增加而增加，且其與水分含量呈負相關 (相關係數 $R^2 = 0.965$)。至於灰分及蛋白質含量則不因魚體大小不同而有明顯差異。

二、電磁掃描儀測定結果

由 EM-scan 測得每尾供試魚之 TOBEC 值與魚體體長、體重及各項體成分分析結果線性迴歸方程式與相關係數 (R^2)，海鱸體長、體重與 TOBEC 值之 R^2 分別為 0.807 和 0.945 (如 Fig. 3)；TOBEC 值與水分、蛋白質及瘦肉值之 R^2 分別為 0.951、0.940 及 0.950 (Fig. 4)；脂肪、灰分與 TOBEC 值之 R^2 分別為 0.585 及 0.884 (Fig. 5)，圖中亦顯示在 TOBEC 測定值 1200 以上時，海鱸脂肪測定值呈現較大之差異。

Table 1 Proximate composition of experimental cobia

Body weight (g)	n	Moisture (%)	Ash (%)	Protein (%)	Lipid (%)
2880~4000	10	71.10±2.35	1.29±0.04	19.54±0.36	8.28±2.22
4000~5500	13	69.37±1.49	1.27±0.04	19.29±0.46	10.26±1.78
5500~7000	20	66.87±2.78	1.22±0.10	19.02±0.71	13.60±3.33
7000~8340	6	66.70±2.07	1.19±0.04	19.22±0.58	13.79±2.23

**Fig. 3** Regressions of body weight, fork length, and total body electrical conductivity (TOBEC) for cobia.

前述水分、蛋白質、灰分、脂肪及瘦肉值，分別以對應之 TOBEC 值、魚體體重及體長為參數 (Parameter)，經統計而得之預估方程式 (Predicted equation)，如 Table 2 所示，其水分、蛋白質、灰分及瘦肉值之 R^2 分別為 0.981、0.984、0.941 及 0.983，具有良好之預估相關值；但脂肪之 R^2 為 0.784，較上述各值為低。

由上述結果發現 TOBEC 值與脂肪之相關性比其他成分 (水分、蛋白質、LBM 及灰分) 低，而水分含量百分比與脂肪含量百分比之 R^2 為 0.965 (如 Fig. 6)，又有很好的相關性，故先嘗試以水分含量推估魚體脂肪含量之可行性。

為評估脂肪預估方程式之可行性，另取 6 尾

海鱺，分別測量其體重、全長及 TOBEC 值，以海鱺水分、脂肪、預估方程式推算出魚體各成分之預估值，與魚體成分實際分析之實測值進行 paired *t*-test 檢測，如 Table 3 所示，其結果為可行。

另一種推估方式為以魚體重量推估水分重量，算出水分含量百分比，再利用迴歸方程式推估脂肪含量百分比預估值，並就魚體成分實際分析之實測值進行 paired *t*-test 檢測，其結果如 Table 4 所示；本項水分間接預估及以 TOBEC 預估方程式預測脂質之結果，其 SE 分別為 1.067、0.280，TOBEC 法較佳；但是水分之測定法價廉且效率高，有其潛力。故知此等非破壞性分析方法，均有助於快速測定海鱺魚體之一般成分。

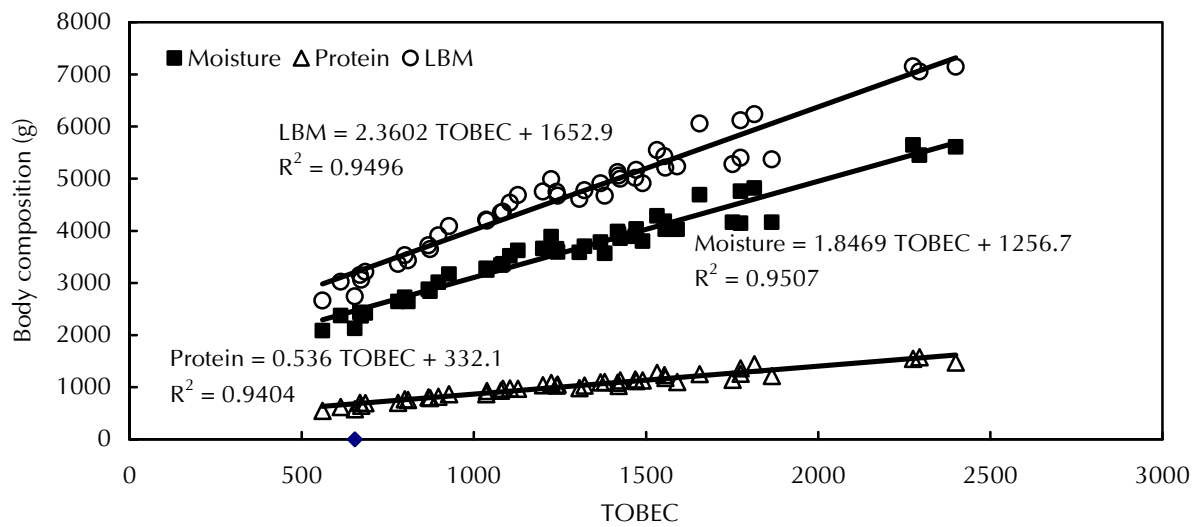


Fig. 4 Regressions of moisture, protein, and Lean body mass (LBM) contents and total body electrical conductivity (TOBEC) for cobia.

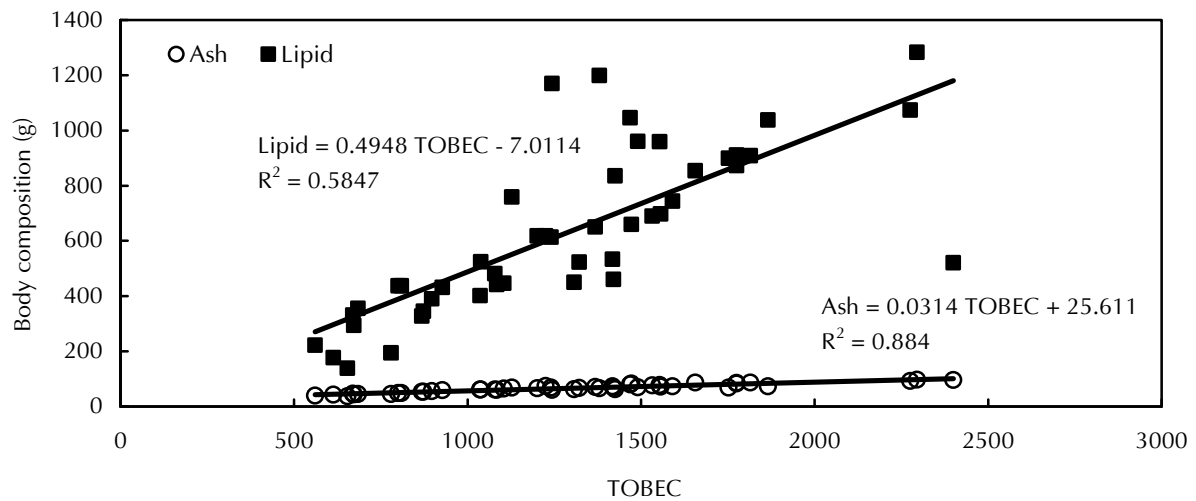


Fig. 5 Regressions of lipid and ash contents, and total body electrical conductivity (TOBEC) for cobia.

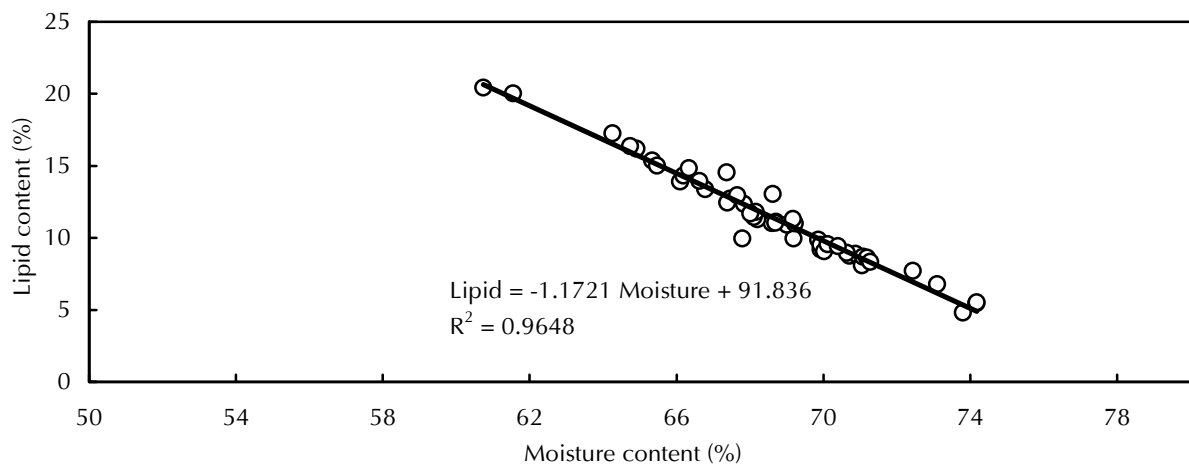


Fig. 6 Regression of the lipid and moisture contents for cobia.

Table 2 Predicted equation of cobia for body proximate composition

Predicting equation	R ²	F value**
LBM = -1310.952 + 0.418 W* + 35.353 L + 0.763 TOBEC	0.983	894.8
Moisture = -1051.417 + 0.284 W + 28.598 L + 0.710 TOBEC	0.981	731.6
Protein = -132.426 + 0.146 W + 3.469 L + 0.078 TOBEC	0.984	881.5
Lipid = 1310.960 + 0.582 W - 35.353 L - 0.763 TOBEC	0.784	50.9
Ash = -35.920 + 0.006 W + 0.803 L + 0.005 TOBEC	0.941	225.5

*W = body weight, L = fork length.

**F (0.95; 3, 42) = 8.59

Table 3 Results of the paired *t*-test on individual body measurements, and observed (O) and predicted (P) moisture and lipid contents for cobia from the validation set used to evaluate the predictive equations developed in the present study

Weight (g)	Length (cm)	TOBEC	Moisture (%)		Lipid (%)	
			O	P*	O	P*
5510	74	1330.6	66.8	67.9	13.4	11.9
6610	78	1836.7	69.0	68.3	10.9	11.8
7370	77	2061.6	66.4	65.6	14.8	15.1
7140	80	1814.8	67.5	66.2	12.7	14.1
5520	76	1420.6	71.3	70.2	8.4	9.3
5300	73	1321.6	69.9	68.6	9.9	11.1
Results of paired <i>t</i> -test						
Mean difference			-0.658		0.540	
SE			0.175		0.280	
SD			0.884		1.057	
<i>t</i>			1.824		-1.251	
<i>p</i> value			0.128		0.266	

*Values were predicted by the following equations:

Moisture (g) = -1051.417 + 0.284 Body Weight + 28.598 Fork Length + 0.710 TOBEC

Lipid (g) = 1310.960 + 0.582 Body Weight - 35.353 Fork Length - 0.763 TOBEC

Moisture (%) = [Moisture (g) / Body Weight (g)] × 100

Lipid (%) = Lipid (g) / Body Weight (g) × 100

討 論

魚體之一般成分測定，多使用化學分析法，不僅成本高、費時且需要犧牲活體樣本，針對實施環境管理系統 ISO14000 及食品安全管制系統危害分析重要管制點 HACCP 之實施，必須面對大量減低使用化學藥品，減少環境污染危險性等迫切之問題，本研究嘗試利用非破壞性分析—EM-scan 檢測，探討建立海鱸之水分及脂肪含量預估方程式，即時瞭解魚體成分變化之可行性。

Barziza *et al.* (2000) 研究大口鱸 (*largemouth bass*, *Micropterus salmoides*) 之體成分與 TOBEC 值之 r^2 係數有顯著的相關，其數值範圍從脂質之 0.790 到瘦肉值之 0.948。所有體成分（灰分除外）與體重組成之預測公式，則呈現更高的相關係數 (R^2 從 0.792 到 0.996)。此外，TOBEC 值與體重亦有顯著的相關 ($R^2=0.956$)。配合長度，重量和 TOBEC 建立之水分、灰分、蛋白質和脂質的預測模式，顯著提高其相關係數值 (R^2 從脂質的 0.867 到瘦肉值和水 0.997)；由於魚體尺寸範圍較大，當使用

Table 4 Results of the paired *t*-test on individual body measurements, and observed (O) and predicted (P) moisture and lipid contents for cobia from the validation set used to evaluate the predictive equations developed in the present study

Weight (g)	Moisture (%)		Lipid (%)	
	O	P*	O	P*
5510	66.8	68.5	13.4	11.7
6610	69.0	67.8	10.9	12.5
7370	66.4	67.4	14.8	13.0
7140	67.5	67.5	12.7	12.9
5520	71.3	68.5	8.4	11.7
5300	69.9	68.7	9.9	11.5
Results of paired <i>t</i> -test				
Mean difference	-0.392		0.540	
SE	0.672		1.067	
SD	1.651		2.043	
<i>t</i>	0.581		-0.648	
<i>p</i> value	0.587		0.546	

*Values were predicted by the following equation:

Moisture (g) = 0.636 Body Weight + 248.350

Moisture (%) = [Moisture (g) / Body Weight (g)] × 100

Lipid (%) = -1.172 × Moisture (%) + 91.836

TOBEC預測魚體成分時，既使預測之誤差百分比近似，但是大魚與小魚比較，仍然顯現出實測值與預估方程式求得預估值之差異值（殘值residual values）較大。

使用海鱸為原料，一般成分之水分、蛋白質及瘦肉值與 TOBEC 值之 R^2 分別為 0.951、0.940 及 0.950；至於其脂肪及灰分與 TOBEC 值之 R^2 分別為 0.585 及 0.884，海鱸係屬較大體型魚類，與前述之現象一致；測定其他養殖魚類，體脂肪與 TOBEC 值之 R^2 ，黑斑紅鱸為 0.770（葉等，1995）、黃鰭鯛為 0.722（葉等，1998）、日本鰻為 0.912、歐洲鰻為 0.837（葉等，2004），顯示不同魚類之 R^2 值均呈現不同程度之差異。

使用不同之變數配合 TOBEC 測定值預測各種魚類一般成分的模式（Brown *et al.*, 1993; Bai *et al.*, 1994; Fischer *et al.*, 1996），在預測魚類體成分時，使用於小魚的模式中，TOBEC 值顯示較高之重要性，研究亦顯示，隨魚體尺寸變大，魚體體重與預測模式之相關性隨之變大；至於是否加入相對重量 (W_r)、肥滿度 ($W \times L^{-3}$)、溫度和長度等的校正因子 ($TOBEC \times L$)^{1/2} (Jaramillo *et al.*,

1994) 進行預測，因其對預測模式未有明顯之改善，尚未有確定之結論。

本試驗使用之推估方式，即以魚體重量推估水分重量，算出水分含量百分比 ($R^2 = 0.97$)，再利用迴歸方程式推估脂肪含量百分比預估值 ($R^2 = 0.96$)，經以魚體成分之實測值進行 paired *t*-test 檢測，其結果顯示，使用此預測模式亦屬可行。

體溫也影響 TOBEC 的測量值 (Bai *et al.*, 1994; De Bruin *et al.*, 1994)，由於魚類具有變溫 (poikilothermic) 之自然性質，魚類在體溫方面比恆溫 (homeothermic) 之哺乳動物或者鳥類變動為大。海鱸測定時已馴養於相同的養殖環境，體溫變動較小，因此只在操作儀器時就放置場所之溫度進行校正。

TOBEC 不能精確預測瘦肉值，其主要原因在 TOBEC 與體重之間比 TOBEC 與瘦肉值之間的相關性為高 (Bellinger *et al.*, 1994)。使用 TOBEC 預測體成分的精密度，與測定槽之尺寸有關，測定物體若接近測定槽之空間，會有更佳之精密度 (Asch and Roby, 1995)。

尺寸範圍較大之魚體在測定亦引起相當大的

變化，它會導致精度之降低。隨著魚類之生長，魚體產生幾何學的改變（體重 W 和體長 L^3 ）。因為 TOBEC 信號受到物體的成分與魚體幾何結構之影響 (Fiorotto *et al.*, 1987)，過於廣闊尺寸範圍可能給 TOBEC 的模式造成錯誤結果或者導至不相對應的變化。

甚至有研究者建議，TOBEC 預測也許不宜超過有效尺寸範圍，且必要時宜使用對應之計算模式來測量 (Bellinger and Williams, 1993)。本試驗使用適用於中小型魚測定之電磁掃描儀 (EM-scan, SA-3204 型) 來掃描測定海鱺魚體成分，本試驗使用海鱺體重範圍 2,880 ~ 8,340 g，大小比率約差 4 倍，加上係養殖魚類，脂肪分佈及其蓄積部位，難免有不均勻或有較大之差異。

加入非破壞性的長度和重量所發展的模式，可精確預測翻車魚體成分 (McComish *et al.*, 1974)；魚體灰分的預測模式，翻車魚 (McComish *et al.*, 1974) 與大口鱸 (Barziza *et al.*, 2000) 之預測模式類似，兩個模式都需要把長度的自然對數用於預測方程式，然而，截點和斜率係數，在兩個模式之計算公式不近類似，有可能是由於這二個種類之體形的差別所致。同樣地，在紅鼓魚體的預測模式中，也顯示長度可以作為精確預測灰分必要之單一參數 (Bai *et al.*, 1994)。

使用這些模式預測一般成分的誤差，特別是脂質和灰分，相對較大。魚體脂質一般是相對較少量的成分，即使很小的預測誤差，當用克數表達並與總體脂質含量比較時，都可能導致較大的百分比誤差。雖然脂質含量相對很小的變化可能不會嚴重影響魚體的總重，但是對整體能量含量仍然有重大的變化。因此對於各個魚體若只有單獨以長度和重量為預測脂質的基礎模式，可能不夠充分顯示或解釋這些量小，但是在生態上，卻有重要差別和意義的成分變化 (Barziza *et al.*, 2000)。

本試驗採集海鱺樣品 49 尾，分別取自 FRP 桶養殖，餵食飼料者、餵食下雜魚者及箱網養殖，餵食飼料者，所得體脂肪預測方程式之相關係數，比翻車魚 (Fischer *et al.*, 1996)、河鱻 (Novinger and Del Rio, 1999)、鯰魚 (Jaramillo *et al.*, 1994) 和黑斑紅鱸 (Bai *et al.*, 1994) 所測得者為高，但和預測大口鱸 (Barziza *et al.*, 2000) 和旭鱸 (Brown *et al.*, 1993) 所測得相關係數類似。

謝 辭

本研究經費由行政院農業委員會 92 農科-5.1.4-水-A1(3) 計畫項下支助，執行期間承蒙蘇所長偉成、蘇副所長茂森惠賜寶貴建議及鼓勵，生物技術組陳紫嫻組長、周助理研究員瑞良、何助理研究員碧月提供珍貴樣品並協助測定，方能順利完成，併此表達由衷之謝意。

參考文獻

- 陳再發, 林慧秋, 高雪卿, 薛月娥 (2001) 養殖海鱺之魚肉脂肪、脂肪分布及魚肉水份之相關性。海上箱網養殖漁產品產銷標準研討會, 國立澎湖技術學院編印, 9-28.
- 葉蕙玲, 王文政 (2004) 以體導電度預測養殖鰻魚一般成分。水產研究, 12(2): 67-74.
- 葉蕙玲, 王文政, 廖一久 (1995) 利用電磁掃描法測定黑斑紅鱸體成分之可行性探討。台灣水產學會論文發表會摘要, 178 pp.
- 葉蕙玲, 王文政, 廖一久 (1998) 利用電磁掃描法測定魚體成分之可行性探討。第三屆世界華人魚蝦營養學術研討會論文集, 上海水產大學, 7: 360-362.
- 蕭泉源 (2000) 海鱺化學營養特性及加工利用問題。海鱺養殖資料彙編, 行政院農業委員會漁業署編印, 11-20.
- Asch, K. and D. D. Roby (1995) Some factors affecting precision of the total body electrical conductivity technique for measuring body composition in live birds. *Wilson Bull.*, 107: 306-316.
- A. O. A. C. (1980) Official Methods of Analysis of AOAC International. 14th ed., Association of Official Analytical Chemistry, Washington, D. C., 285-292.
- Bai, S. C., G. R. Nematipour, R. P. Perfra, F. Jr. Jaramillo, B. R. Murphy and D. M. Gatlin III (1994) Total body electric conductivity for nondestructive measurement of body composition of red drum, *Sciaenops ocellatus*. *Progr. Fish-Cult.*, 56: 232-236.
- Barziza, D. E. and D. M. Garlin III (2000) An evaluation of total body electrical conductivity to estimate body composition of largemouth bass, *Micropterus salmoides*. *Aquat. Living Resour.*, 13(6): 439-447.
- Bellinger, L. L. and F. E. Williams (1993) Validation study of a total body electrical conductive

- (TOBEC) instrument that measures fat-free body mass. *Phys. Behave.*, 53: 1189-1194.
- Brown, M. L. and B. R. Murphy (1991) Relationship of relative weight (Wr) to proximate composition of juvenile striped bass and hybrid striped bass. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 120: 509-518.
- Brown, M. L., D. M. Gatlin III and B. R. Murphy (1993) Nondestructive measurement of sunshine bass, *Morone chrysops* (Rafinesque) x *M. saxatilis* (Walbaum), body composition using electrical conductivity. *Aqua. Fish. Manage.*, 24: 585-592.
- Castro, O., B. A. Wunder and F. L. Knopf (1990) Total body electrical conductivity (TOBEC) to estimate total body fat of free-living birds. *Condor.*, 92: 496-499.
- De Bruin, N. C., I. H. T. Luijendijk, H. K. A. Visser and H. J. Degenhart (1994) The effect of alterations in physical and chemical characteristics on TOBEC-derived body composition estimates: validation with non-human models. *Physiol. Med. Biol.*, 39: 1143-1156.
- Fiorotto, M. L., W. J. Cochran, R. C. Funk, W. P. Sheng and W. J. Klish (1987) Total body electrical conductivity measurements: effects of body composition and geometry. *Am. J. Physiol.*, 252: R794-R800.
- Fischer, R. U., J. D. Congdon and M. Brock (1996) Total body electrical conductivity (TOBEC): A tool to estimate lean mass and nonpolar lipids of an aquatic organism. *Copeia*, 2: 459-462.
- Jaramillo, F. Jr., S. C. Bai, B. R. Murphy and D. M. Gatlin III (1994) Application of electrical conductivity for nondestructive measurement of channel catfish, *Ictalurus punctatus*, body composition. *Aquat. Living Resour.*, 7:87-91.
- Keim, N. L., P. L. Mayclin, S. J. Taylor and D. L. Brown (1988) Total-body electrical conductivity method for estimating body composition: validation by direct carcass analysis of pigs. *Am. J. Clinic. Nutr.*, 47:180-185.
- Lantry, B. F., D. J. Stewart, P. S. Rand and E. L. Mills (1999) Evaluation of total body electrical conductivity to estimate whole body water content of yellow perch, *Perca flavescens*, and alewife, *Alosa pseudoharengus*. *Fish. Bull.*, 79: 71-79.
- McComish, T. S., R. O. Anderson and F. G. Golf (1974) Estimation of bluegill (*Lepomis macrochirus*) proximate composition with regression models. *J. Fish. Res. Board Can.*, 31: 1250-1254.
- Novinger, D. C. and C. M. Del Rio (1999) Failure of total body electrical conductivity to predict lipid content of brook trout. *N. Am. J. Fish. Manage.*, 19: 942-947.
- Presta, E., J. Wang, G. G. Harrison, P. Bjornorp, W. H. Harker and T. B. Van Itallie (1983) Measurement of total body electrical conductivity: a new method for estimation of body composition, *Am. J. Clinic. Nutr.*, 37: 735-739.
- Tobin, B. W. and D. T. Finegood (1995) Estimation of rat body composition by means of electromagnetic scanning is altered by duration of anesthesia. *J. Nutr.*, 125: 1512-1520.
- Walsburg, G.E. (1988) Evaluation of a non-destructive method for determining fat stores in small birds and mammals. *Physiol. Zool.*, 61: 153-159.

An Evaluation of Using the Total Body Electrical Conductivity to Estimate the Proximate Composition of Cobia (*Rachycentron canadum*)

Wen-Cheng Wang^{1*}, Hwei-Ling Yeh², Shu-Chen Liu¹ and Chuen-Herng Wu¹

¹ Fisheries Research Institute, Division of Seafood Technology

² Keelung City Government, Ocean Bureau

ABSTRACT

The proximate composition of Cobia (*Rachycentron canadum*) varies greatly and is difficult to discern by their appearance. In this study, a non-destructive electromagnetic (EM) scan method was applied to estimate the proximate composition of cobia. The predictive equations were obtained to assess the index of quality.

Cobia, weighing 2880–8340 g, were scanned with an EM scan. The analytical results of the proximate composition indicated that the moisture content decreased while lipid content increased as the body weight of cobia increased. Results also showed a negative relationship between moisture and lipid contents ($R^2=0.965$). Ash and protein contents of cobia showed no significant differences with the body weight level in this study ($p > 0.05$).

The TOBEC (total body electrical conductivity) value, body weight, fork length, and proximate composition were used to develop feasible predictive equations. The R^2 values of the equation for moisture, lean body mass, ash, and protein were 0.981, 0.983, 0.941, and 0.984, respectively.

The R^2 value of the predictive equation for lipids was lower at 0.784. To evaluate the feasibility of the equation by paired t -test, the body weight, fork length, and TOBEC value of moisture and lipid contents of six new samples were checked by the predictive equation and experimental measurements. Results showed no significant differences between them. It is feasible to use equations for non-destructive analysis to predict the proximate composition of cobia.

Key words: cobia, *Rachycentron canadum*, non-destructive analysis, total body electrical conductivity, lipid content, proximate composition.

*Correspondence: 199 Ho-lh Road, Keelung202, Taiwan. TEL: (02) 2462-2101 ext. 2620; FAX: (02) 2463-2677; E-mail: wcwang@mail.tfrin.gov.tw.