

溫度對紅瓜鰻鹽溶性蛋白質及鮮度之影響

摘要

以 K 值 20 % 為生食用之鮮度界限, 並配合官能評定發現, 紅瓜鰻魚片在 -20 和 -40 °C 可貯藏 12 和 18 週; 40, 30, 20, 10, 5 和 0 °C 中分別可貯藏 3/4, 2, 4, 24, 48 和 96 小時。鹽溶性蛋白質之 Ca-ATPase 活性, 初期隨貯藏時間的增長而增加, 其最大值在 30 和 40 °C 時為 1.5 小時; 20 °C 時為 4 小時; 10、5 和 0 °C 均為 2 日; -20 °C 為 4 週; -40 °C 則為 6 週, 此後, 其活性再快速下降。故紅瓜鰻魚片於加工中, 為求保鮮並避免其鹽溶性蛋白質發生變性, 溫度宜維持在 10 °C 以下, 而凍藏於 -20 和 -40 °C 中, 則以不超過 3 個月為原則。在各貯藏溫度下, 鹽溶性蛋白質之 Ca-ATPase 活性與其固有粘度值呈正相關 ($r=0.63$)。但在 5 °C 以下之溫度貯藏時, K 值與鹽溶性蛋白質之抽出量則呈現負相關。

關鍵詞: 紅瓜鰻, 鹽溶性蛋白質, Ca-ATPase 活性, 固有黏度

在各國紛紛宣佈二百浬之經濟海域後, 水產資源的有效利用, 已成為水產界所注目之重點, 而我國大型圍網正值蓬勃發展之際, 如何能有效地保藏及利用漁獲物, 實為值得研究的問題。鰻類為大型圍網主要漁獲物之一, 漁獲量大、漁期終年且產量穩定, 年產量約達三萬公噸以上⁽¹⁾, 但因其體型屬中小型魚, 鮮度下降迅速⁽²⁾, 若保存不當極易腐敗, 故除部份供鮮食外, 大都加工製成煮乾品、調味品和鹽乾品等⁽¹⁾。

鰻魚為紅色肉魚, 魚肉之 pH 值下降速度快於白色肉魚⁽²⁾, 且鰻魚可因魚群不同而有不同死後變化型式 (Pattern)⁽³⁾。此外, 紅色肉魚之肌原纖維蛋白質 (Myofibrillar proteins) 比白色肉魚不安定⁽⁴⁾。魚肉蛋白質之安定性與其生長環境溫度有關⁽⁵⁻⁷⁾, 當魚類棲息水溫愈高, 其肌原纖維蛋白質之熱安定性也愈高⁽⁶⁾。同時, 亦因魚種和貯藏條件不同而影響其穩定性⁽⁸⁾。魚體之組成成分如脂質⁽⁹⁻¹²⁾、游離胺基酸⁽¹³⁻¹⁵⁾、核苷酸及其相關化合物 (Nucleotide and their related compounds)⁽¹⁶⁻¹⁷⁾等皆會影響冷藏或凍藏中肌原纖維蛋白質之安定性。肌原纖維蛋白質之 Ca-ATPase 活性是偵測魚肉蛋白質在冰藏或凍藏中是否變性的良

好指標之一^(5,18)。依 Ca-ATPase 活性顯示, 魚肉蛋白質較雞、兔等哺乳動物對熱較不安定⁽⁷⁾。因此, 本實驗探討紅瓜鰻貯藏在不同溫度 (0、5、10、20、30 和 40 °C) 時, 其鮮度與鹽溶性蛋白質安定性之變化, 以作為其煉製品及魚漿加工時之參考依據。另外, 探討凍藏溫度 (-20 和 -40 °C) 對魚肉鹽溶性蛋白質性質之影響, 以瞭解紅瓜鰻魚肉之耐凍性, 並比較其鮮度、鹽溶性蛋白質安定性和耐凍性三者之相關性, 以尋求適當的保藏條件。

材料與方法

一、實驗材料與設備

(一) 紅瓜鰻 *Decapterus russellii*: 分批自基隆市和平市場採購現撈鮮魚, 以官能選取鮮度良好者, 冰藏攜回實驗室後, 測量魚體體重 (g)、尾叉長 (Fork length; cm), 並依各實驗組之樣品數計算平均體重、平均體長和肥滿度 (Fatness; kg/cm^3) (Table 1)。然後將試驗魚進行去頭尾、除內臟之處理, 並將對半剖片之魚肉, 經洗滌並以紗布吸乾體表水分,

再經包裝後分置於各溫度，以進行貯藏試驗。

(二) 包裝袋材料為 OV/PE 袋，材質為 15 μm 厚度 OV (Poly-vinylidene 聚二氯乙烯膜，塗蓋雙軸延伸 Poly-vinyl-alcohol 聚乙烯醇)，積層 60 μm 厚度 PE 之透明膜袋，其氧透過率 4-7 $\text{ml/m}^2/\text{day}$ ，耐熱性為 100 $^{\circ}\text{C}$ / 30 min，封口強度為 73 g/cm 。台中市三纓企業公司製品。

(三) 包裝機：瞬間式塑膠袋封口機 (IMPULSE SEALER)，台熱牌。

(四) pH meter: BASIC Model-222 AS Digital pH/Ion Meter。

二、樣品之處理方法

將試驗魚片裝入 OV/PE 袋中，以封口機封口、包裝，分別置於 -40、-20、0、5、10、20、30 和 40 $^{\circ}\text{C}$ 等溫度下，進行貯藏試驗，其採樣時間間隔則依貯藏溫度而異：-40 $^{\circ}\text{C}$ 貯藏組，於第 0、3、6、9、12、15、18 週採樣；-20 $^{\circ}\text{C}$ 貯藏組，於第 0、2、4、6、8、10、12 週採樣；0 $^{\circ}\text{C}$ 貯藏組，於第 0、2、4、7、10、14、17、21 日採樣；5 $^{\circ}\text{C}$ 貯藏組，於第 0、2、4、7、10 日採樣；10 $^{\circ}\text{C}$ 貯藏組，於第 0、1、2、

3、4、5、6 日採樣；20 $^{\circ}\text{C}$ 貯藏組，於第 0、2、4、6、8 小時採樣；30 $^{\circ}\text{C}$ 貯藏組，於第 0、1.5、3、4.5、6 小時採樣；40 $^{\circ}\text{C}$ 貯藏組，於第 0、45、90、135、180 分採樣。凍藏魚片之解凍方式係將冷凍魚塊置於 5 $^{\circ}\text{C}$ 冷藏櫃中過夜，俟其品溫上升至 0 $^{\circ}\text{C}$ 後，隨即採肉進行實驗。

三、測定方法

(一) 鮮度測定：

(1) pH 值之測定：取 10 g 魚肉和 90 ml 蒸餾水，經均質機 (Polytron PT 3000) 均質 2 分鐘後，以 pH meter 測定之。

(2) K 值之測定：

依宇田和內山⁽¹⁹⁾及內山和角田⁽²⁰⁾之簡易管柱層析法測定，再依公式計算 $K = (\text{HxR} + \text{Hx}) / (\text{ATP} + \text{ADP} + \text{AMP} + \text{IMP} + \text{HxR} + \text{Hx})$ ，以百分率 (%) 表示之。

(3) 官能評定 (Sensory evaluation)：

以嗅覺評定腐敗氣味之生成程度，其腐敗臭之評定標準如下：

—：無腐敗臭 +：初期腐敗臭
++：嚴重腐敗臭 ±：輕微腐敗臭

Table 1. The body weight, fork length and fatness of mackerel scad used in experiment.

Storage temp. ($^{\circ}\text{C}$)	Body weight* (g)	Fork length* (cm)	Fatness (kg/cm^3)	No. of fish
40	133.28 $\pm$ 17.31	19.00 $\pm$ 0.67	19.43	33
30	152.23 $\pm$ 6.35	13.90 $\pm$ 0.59	23.64	25
20	152.23 $\pm$ 6.35	13.90 $\pm$ 0.59	23.64	25
10	125.38 $\pm$ 14.70	18.36 $\pm$ 0.97	20.26	40
5	133.28 $\pm$ 17.31	19.00 $\pm$ 0.67	19.43	33
0	117.45 $\pm$ 9.64	16.96 $\pm$ 0.57	17.93	25
-20	125.38 $\pm$ 14.70	18.36 $\pm$ 0.97	20.26	40
-40	125.38 $\pm$ 14.70	18.36 $\pm$ 0.97	20.26	40

*: Mean $\pm$ Standard deviation

(二) 鹽溶性蛋白質之抽出與特性測定

(1) 依 Noguchi and Matsumoto⁽²¹⁾之方法，取 5 g 魚肉加入預冷之 0.6 M KCl 溶液 50 ml，以 3500 rpm 均質 2 分鐘，於 5℃、5000 rpm 離心 20 分鐘後，取上層液加入 2 倍量預冷之去離子水，再經均質、攪拌、離心後，取下層沈澱物，加入等量預冷之 1.2 M KCl 溶液，同上之均質、攪拌、離心後，取上層液以預冷之 0.6 M KCl 溶液定容至適量，即為鹽溶性蛋白質。再以梅本⁽²²⁾之 Biuret 改良法來測其氮量，並乘以 6.25 換算為蛋白量。

(2) 鹽溶性蛋白質之 Ca-ATPase 活性測定：依新井⁽²³⁾等之萃取及比色定量法測定，其 Ca-ATPase 活性以 unit 表示之，1 unit (μ mole/min/mg of protein) 係代表每 mg 鹽溶性蛋白質於每分鐘所釋出無機磷酸根量，為一比活性單位。

(3) 固有黏度 (Intrinsic viscosity) 之測定：利用annon-Ubbelohde 之 Semi-micro dilution viscometer 來測定。以 Capillary IC (Type No. 52613) 型之黏度管，在 25℃ 水浴中，測定濃度 (C) 為 0.05 ~ 0.10 g/100 ml 之鹽溶性蛋白質的黏度，再求其濃度 C

(g/100 ml) 和黏度 (η_{sp}/C) 之線性關係，並由外插法求得到樣品之固有黏度值⁽²⁴⁾。

(4) 統計分析

實驗數據以 SAS (Statistical Analysis System) 套裝 GLM (General Linear Model Procedure)⁽²⁵⁾軟體做單向變異數分析 (One-way analysis of variance)，並以鄧肯式多變異域 (Duncan's multiple range test) 測定各處理組間之差異，其顯著水準 (p) 為 0.05。

結果與討論

一、結果

(一) 40℃ 貯藏之品質變化

貯藏前魚片之 pH 值為 6.63，K 值為 9.8%，其 pH 值至第 90 min 後有顯著上升的趨勢，而 K 值則隨貯藏時間的增加而顯著地增加，至第 180 min 時，經官能評定有初期腐敗臭產生 (+)，其 K 值達 41.7% (Table 2)。

Table 2. Changes in pH, K-value, Ca-ATPase activity, salt-soluble protein, intrinsic viscosity and sensory evaluation of mackerel scad during stored at 40℃.

Storage time (min)	pH	K-value (%)	Ca-ATPase * ¹ (unit)	Salt-soluble protein * ² (mg/g of meat)	Intrinsic viscosity	Sensory evaluation
0	6.63±0.00 ^{b*3}	9.8±0.8 ^e	0.124±0.009 ^d	530.6±1.4 ^a	2.711	—
45	6.63±0.04 ^b	14.2±0.2 ^b	0.207±0.005 ^b	511.2±1.1 ^b	1.501	—
90	6.71±0.01 ^a	27.6±0.2 ^c	0.219±0.001 ^a	423.5±0.9 ^c	1.409	—
135	6.73±0.06 ^a	29.7±0.7 ^b	0.147±0.007 ^c	262.3±1.1 ^d	1.395	—
180	6.69±0.06 ^a	41.7±0.4 ^a	0.046±0.003 ^e	155.4±0.3 ^e	0.054	+

*¹ : Unit = μ mole/min/mg of protein.

*² : Mean $\pm$ Standard deviation (n=3).

*³ : Values in the same column with different superscript differ significantly (p<0.05).

鹽溶性蛋白質的 Ca-ATPase 活性在第 0 min 時為 0.124 unit，至第 90 min 其活性達最高值為 0.219 unit，爾後又隨貯藏時間增加而顯著地降低。鹽溶性蛋白質之抽出量與固有黏度之變化相似，皆隨貯藏時間的增加而顯著減少，且當魚片產生腐敗臭時，二者皆達最低值。

(二) 30 °C 貯藏之品質變化

魚片在第 0 h 時之 pH 值和 K 值分別為 6.68 和 13.4% (Table 3)。pH 值在第 1.5 h 略降為 6.61，隨後又隨貯藏時間之增加而漸增，但都維持在 6.73 ~ 6.77 之間，其增加量並不顯著 ($p > 0.05$)。而 K 值則隨貯藏時間之增長而顯著地增加，至第 4.5 h，經官能評定有初期腐敗臭產生 (+)，其 K 值為 49.8%。

原料之 Ca-ATPase 活性、鹽溶性蛋白質抽出量和固有黏度值分別為 0.126 unit、443.1 mg/g of meat 和 1.512，此三者分別於貯藏之第 1.5 h、3 h 和 3 h 達最高值，之後，則隨貯藏時間之增長和魚片腐

敗臭的產生，其值皆顯著地減少。

(三) 20 °C 貯藏之品質變化

魚片在第 0 h 時之 pH 值為 6.68，K 值為 13.4% (Table 4)，pH 值於第 2 h 時顯著增加，並於 4 h 時略微降低，隨即又再增加，但其變化趨勢並不顯著。而 K 值則隨貯藏時間之增長而顯著增加，至第 8 h 時，其值急遽上升達 42.0%，經官能評定有初級腐敗臭產生 (+)。

貯藏第 0 h 時之 Ca-ATPase 活性、鹽溶性蛋白質抽出量和固有黏度值分別為 0.126 unit、443.1 mg/g of meat 和 1.512，其鹽溶性蛋白質之抽出量和固有黏度值皆以第 2 h 為最高，爾後隨貯藏時間之增加而漸減，而 Ca-ATPase 活性至第 4 h 達最高值 (0.186 unit)，之後，隨貯藏時間之增加而顯著地減少，顯示魚肉蛋白質已嚴重變性，而造成鹽溶性蛋白質之抽出量顯著的下降，同時其固有黏度值亦相對降低。貯藏至第 8 h，魚片已產生腐敗臭 (++)，其 Ca-ATPase 活性達最低值。

Table 3. Changes in pH, K-value, Ca-ATPase activity, salt-soluble protein, intrinsic viscosity and sensory evaluation of mackerel scad during stored at 30 °C.

Storage time (h)	pH	K-value (%)	Ca-ATPase * ¹ (unit)	Salt-soluble protein * ² (mg/g of meat)	Intrinsic viscosity	Sensory evaluation
0	6.68±0.02 ^{ab *3}	13.4±0.7 ^d	0.126±0.003 ^c	443.1±1.2 ^d	1.512	—
1.5	6.61±0.15 ^b	19.7±1.6 ^c	0.178±0.003 ^a	526.5±2.0 ^b	1.626	—
3	6.73±0.02 ^{ab}	37.7±1.0 ^b	0.165±0.003 ^b	533.8±0.5 ^a	2.197	—
4.5	6.72±0.01 ^{ab}	49.8±0.5 ^a	0.133±0.008 ^c	484.2±1.1 ^c	1.753	+
6	6.77±0.03 ^a	50.5±1.2 ^a	0.115±0.004 ^d	432.1±0.0 ^e	1.388	++

*¹ : Unit = $\mu\text{mole}/\text{min}/\text{mg}$ of protein.

*² : Mean $\pm$ Standard deviation (n=3).

*³ : Values in the same column with different superscript differ significantly ($p < 0.05$).

Table 4. Changes in pH, K-value, Ca-ATPase activity, salt-soluble protein, intrinsic viscosity and sensory evaluation of mackerel scad during stored at 20 °C.

Storage time (h)	pH	K-value (%)	Ca-ATPase ^{*1} (unit)	Salt-soluble protein ^{*2} (mg/g of meat)	Intrinsic viscosity	Sensory evaluation
0	6.68±0.02 ^{b *3}	13.4±0.7 ^e	0.126±0.003 ^c	443.1±1.2 ^e	1.512	—
2	6.72±0.03 ^a	18.9±0.2 ^d	0.155±0.006 ^b	525.3±0.8 ^a	1.831	—
4	6.70±0.01 ^{ab}	27.8±1.1 ^c	0.186±0.002 ^a	520.6±1.5 ^b	1.744	—
6	6.72±0.01 ^a	30.7±0.7 ^b	0.122±0.001 ^c	475.6±1.0 ^d	1.558	—
8	6.72±0.01 ^a	42.0±0.0 ^a	0.093±0.002 ^d	480.1±1.0 ^c	1.668	+

*1 : Unit = $\mu\text{mole}/\text{min}/\text{mg}$ of protein.

*2 : Mean $\pm$ standard deviation (n=3).

*3 : Values in the same column with different superscript differ significantly ($p<0.05$).

(四) 10 °C 貯藏之品質變化

貯藏前魚片之 pH 和 K 值分別為 6.57 和 14.8% (Table 5)，pH 值貯藏第 1 日略為下降至 6.55，此後，其值隨貯藏日數的增加再顯著增加。K 值亦隨貯藏日數的增加而顯著增高 ($p<0.05$)，貯藏至第 4 日時，魚片經官能評定有初期腐敗臭 (+) 產生，K 值為 62.8%，而貯藏至第 5 和 6 日時，魚片產生嚴重腐敗臭(++)，其 K 值亦分別高達 84.5 和 90.2%。

Ca-ATPase 活性、鹽溶性蛋白質之抽出量和固有黏度在第 0 日時為 0.103 unit、461.8 mg/g of meat 和 2.032，三者之變化趨勢相同，皆於貯藏至第 2 ~ 3 日間有最高值，之後則因魚片 K 值之增加與鮮度之降低，其 Ca-ATPase 活性、鹽溶性蛋白質之抽出量和固有黏度值隨即顯著降低 ($p<0.05$)。

(五) 5 °C 貯藏之品質變化

貯藏 0 日時魚片之 pH 值和 K 值分別為 6.63 和 9.8%，兩者均隨貯藏日數之增加而顯著增加，至第 7 日經官能評定有初期腐敗臭 (+) 產生，此時 pH 和 K 值分別為 6.84 和 39.6%，至第 10 日則呈強烈腐敗臭 (++)，其 pH 值和 K 值亦分別高達 7.32 和 73.6% (Table 6)。

魚片貯藏前其 Ca-ATPase 活性、鹽溶性蛋白質抽

出量和固有黏度值分別為 0.124 unit、525.9 mg/ml of meat 和 1.395，其中 Ca-ATPase 活性於貯藏至第 2 日時達最大值 (0.167 unit)，之後則隨貯藏日數之增加其活性值顯著下降，且當魚片有嚴重腐敗臭 (++) 產生時，Ca-ATPase 活性值則僅為 0.066 unit。而鹽溶性蛋白質抽出量亦隨貯藏日數而顯著減少 ($p<0.05$)，但皆以魚片尚未腐敗前之抽出量顯著較高。固有黏度值之變化趨勢則與鹽溶性蛋白質抽出量相似。

(六) 0 °C 貯藏之品質變化

貯藏前魚片之 pH 與 K 值分別為 6.57 與 14.8% (Table 7)，隨著貯藏日數的增加，pH 無顯著的變化，而 K 值則漸遞增，但直至貯藏第 17 日時，魚片經官能評定有初級腐敗臭 (+) 產生，其 pH 值始有顯著的增加為 6.71，而 K 值則為 53.1%，貯藏至第 21 日，魚片已產生強烈腐敗臭 (++)。

魚片貯藏前其 Ca-ATPase 活性、鹽溶性蛋白質抽出量和固有黏度值分別為 0.104 unit、461.8 mg/g of meat 和 2.029，其中鹽溶性蛋白質抽出量和 Ca-ATPase 活性貯藏至第 2 日時，其值最高為 540.1 mg/g of meat 和 0.262 unit，而固有黏度值則於貯藏至第 4 日達最高值 (4.455)，之後，三者皆隨貯藏日數而漸降低，且略呈起伏變化趨勢，但皆於魚片產生

初級腐敗臭時達較低值。當魚片完全腐敗時，鹽溶性蛋白質抽出量和 Ca-ATPase 活性仍持續下降，而固有黏度值卻有略增之情形，但其值仍遠較新鮮魚片之固有黏度值低。

(七) -20 °C 貯藏之品質變化

貯藏前魚片之 pH 值和 K 值為 6.57 和 14.8% (Table 8)，二者均隨貯藏日數的增加而變化，但直至 12 週凍藏期間，pH 和 K 值分別低於 6.9 和 21%，同時經官能評定，魚片雖略有凍燒味，但皆無腐敗臭產生。

Ca-ATPase 活性、鹽溶性蛋白質抽出量和固有黏度值皆於凍藏初期其值較高，最大值分別出現於凍藏之第 4 (0.237 unit)、6 (492.4 mg/g of meat)、2 週 (2.998)。爾後，鹽溶性蛋白質抽出量和固有黏度值則

隨貯藏日數之增加而顯著減少，但其 Ca-ATPase 活性雖亦有略減的趨勢，但經統計分析則無顯著的變化 ($p>0.05$)。

(八) -40 °C 貯藏之品質之變化

貯藏前魚片之 pH 值和 K 值為 6.57 和 14.8%，貯藏期間其變化趨勢與 -20 °C 凍藏組結果相近，皆隨貯藏時間增長而略有增減，凍藏期間其 pH 值低於 6.9，而 K 值未超過 20%，同時經官能評定魚片皆無腐敗臭產生 (Table 9)。

魚片之鹽溶性蛋白質變化，顯示其 Ca-ATPase 活性、鹽溶性蛋白質抽出量和固有黏度值皆於凍藏第 6 週達最高值分別為 0.253 unit、504.3 mg/g of meat 和 3.498，爾後，隨貯藏日數之增加而顯著地減少。

Table 5. Changes in pH, K-value, Ca-ATPase activity, salt-soluble protein, intrinsic viscosity and sensory evaluation of mackerel scad during stored at 10 °C.

Storage time (days)	pH	K-value (%)	Ca-ATPase ^{*1} (unit)	Salt-soluble protein ^{*2} (mg/g of meat)	Intrinsic viscosity	Sensory evaluation
0	6.57±0.02 ^{d *3}	14.8±0.3 ^g	0.103±0.009 ^c	461.8±2.5 ^e	2.302	—
1	6.55±0.01 ^d	17.1±0.3 ^f	0.138±0.007 ^b	477.4±1.5 ^d	1.791	—
2	6.62±0.02 ^d	29.1±0.9 ^e	0.182±0.006 ^a	543.8±1.4 ^a	2.953	—
3	6.63±0.02 ^c	33.7±0.8 ^d	0.173±0.008 ^a	529.3±3.0 ^b	2.978	—
4	6.83±0.03 ^b	62.8±0.1 ^c	0.149±0.009 ^b	502.5±1.7 ^c	2.704	+
5	7.22±0.03 ^a	84.5±0.3 ^b	0.137±0.008 ^b	441.3±1.1 ^f	1.629	++
6	6.92±0.03 ^{ab}	90.2±0.5 ^a	0.094±0.007 ^c	419.9±1.4 ^g	0.894	++

*1 : Unit = $\mu\text{mole}/\text{min}/\text{mg}$ of protein.

*2 : Mean $\pm$ Standard deviation (n=3).

*3 : Values in the same column with different superscript differ significantly ($p<0.05$).

Table 6. Changes in pH, K-value, Ca-ATPase activity, salt-soluble protein, intrinsic viscosity and sensory evaluation of mackerel scad during stored at 5 °C.

Storage time (days)	pH	K-value (%)	Ca-ATPase ^{*1} (unit)	Salt-soluble protein ^{*2} (mg/g of meat)	Intrinsic viscosity	Sensory evaluation
0	6.63±0.02 ^{d *3}	9.8±0.8 ^e	0.124±0.009 ^b	525.9±1.4 ^a	1.395	—
2	6.76±0.02 ^{bc}	17.9±0.7 ^d	0.167±0.009 ^a	519.8±0.3 ^b	1.435	—
4	6.72±0.05 ^c	24.7±0.6 ^c	0.091±0.009 ^c	503.8±1.4 ^c	1.448	—
7	6.84±0.01 ^b	39.6±0.4 ^b	0.099±0.002 ^c	420.0±1.4 ^e	1.420	+
10	7.32±0.11 ^a	73.6±0.4 ^a	0.066±0.011 ^d	478.1±0.3 ^d	1.378	++

^{*1} : Unit = μmole/min/mg of protein.^{*2} : Mean ± Standard deviation (n=3).^{*3} : Values in the same column with different superscript differ significantly (p<0.05).**Table 7.** Changes in pH, K-value, Ca-ATPase activity, salt-soluble protein, intrinsic viscosity and sensory evaluation of mackerel scad during stored at 0 °C.

Storage time (days)	pH	K-value (%)	Ca-ATPase ^{*1} (unit)	Salt-soluble protein ^{*2} (mg/g of meat)	Intrinsic viscosity	Sensory evaluation
0	6.57±0.02 ^{d *3}	14.8±0.3 ^g	0.104±0.005 ^c	461.8±2.5 ^d	2.209	—
2	6.63±0.03 ^c	18.1±0.9 ^f	0.262±0.002 ^a	540.1±1.4 ^a	3.474	—
4	6.61±0.02 ^{cd}	20.8±0.6 ^e	0.122±0.017 ^b	502.9±2.7 ^b	4.455	—
7	6.57±0.02 ^d	20.8±0.5 ^e	0.108±0.007 ^c	481.2±2.3 ^c	1.578	—
10	6.64±0.04 ^c	31.4±0.1 ^d	0.085±0.004 ^d	439.2±1.7 ^f	2.092	—
14	6.61±0.02 ^{cd}	38.6±0.4 ^c	0.074±0.002 ^{de}	446.9±1.0 ^e	1.721	—
17	6.71±0.02 ^b	53.1±0.1 ^b	0.063±0.007 ^e	426.0±1.2 ^g	1.655	+
21	6.83±0.03 ^a	63.7±0.0 ^a	0.018±0.007 ^f	384.5±1.7 ^h	1.826	++

^{*1} : Unit = μmole/min/mg of protein.^{*2} : Mean ± Standard deviation (n=3).^{*3} : Values in the same column with different superscript differ significantly (p<0.05).

Table 8. Changes in pH, K-value, Ca-ATPase activity, salt-soluble protein, intrinsic viscosity and sensory evaluation of mackerel scad during stored at -20 °C.

Storage time (weeks)	pH	K-value (%)	Ca-ATPase ^{*1} (unit)	Salt-soluble protein ^{*2} (mg/g of meat)	Intrinsic viscosity	Sensory evaluation
0	6.57±0.02 ^{c *3}	14.8±0.3 ^e	0.104±0.005 ^c	461.8±0.3 ^c	2.030	—
2	6.71±0.01 ^b	13.3±0.6 ^f	0.124±0.002 ^{bc}	456.2±0.8 ^d	2.998	—
4	6.89±0.02 ^a	20.8±0.6 ^a	0.237±0.007 ^a	489.9±0.7 ^b	1.980	—
6	6.88±0.04 ^a	19.3±0.4 ^b	0.191±0.002 ^{ab}	492.4±0.8 ^a	1.898	—
8	6.43±0.04 ^d	14.6±0.4 ^e	0.175±0.012 ^b	449.5±0.5 ^e	1.625	—
10	6.76±0.06 ^b	16.5±0.4 ^d	0.176±0.006 ^b	389.7±0.2 ^g	1.522	—
12	6.85±0.01 ^a	17.9±0.3 ^c	0.128±0.001 ^{bc}	422.0±1.7 ^f	1.314	—

^{*1} : Unit = μmole/min/mg of protein.^{*2} : Mean ± Standard deviation (n=3).^{*3} : Values in the same column with different superscript differ significantly (p<0.05).**Table 9.** Changes in pH, K-value, Ca-ATPase activity, salt-soluble protein, intrinsic viscosity and sensory evaluation of mackerel scad during stored at -40 °C.

Storage time (weeks)	pH	K-value (%)	Ca-ATPase ^{*1} (unit)	Salt-soluble protein ^{*2} (mg/g of meat)	Intrinsic viscosity	Sensory evaluation
0	6.57±0.02 ^{d *3}	14.8±0.3 ^b	0.104±0.005 ^g	461.8±0.3 ^c	2.030	—
3	6.81±0.05 ^a	10.5±0.4 ^d	0.183±0.005 ^b	465.2±0.3 ^b	1.860	—
6	6.78±0.01 ^a	13.3±0.6 ^c	0.253±0.003 ^a	504.3±0.3 ^a	3.498	—
9	6.66±0.01 ^c	14.4±0.2 ^b	0.114±0.003 ^f	441.3±0.2 ^d	1.699	—
12	6.66±0.11 ^c	19.7±0.5 ^a	0.168±0.002 ^c	440.5±0.2 ^d	1.551	—
15	6.76±0.01 ^{ab}	14.8±0.5 ^b	0.138±0.002 ^d	378.8±0.8 ^f	1.540	—
18	6.68±0.04 ^{bc}	19.7±0.2 ^a	0.127±0.001 ^e	402.4±0.5 ^e	1.280	—

^{*1} : Unit = μmole/min/mg of protein.^{*2} : Mean ± Standard deviation (n=3).^{*3} : Values in the same column with different superscript differ significantly (p<0.05).

二、討論

(一) 鮮度之變化

以 pH、K 值和官能評定作為紅瓜鱆魚片貯藏期間之鮮度指標，由 Table 2 ~ 9 中可發現 K 值均隨貯藏時間之增加而顯著的增加，而 pH 值之變化則較不顯著，因此，在本實驗中 pH 值較不適合作為鮮度的指標。K 值是魚類之鮮度品質判定指標⁽²⁶⁻²⁸⁾，係代表魚肉中 ATP (三磷酸腺核苷酸；Adenosine triphosphate) 分解物之總量對次黃嘌呤核苷 (Inosine) 及次黃嘌呤 (Hypoxanthine) 量之和的百分比。魚體死後其肌肉中之 ATP，由於自家消化酵素之作用，可經由次黃嘌呤核苷酸 (Inosinic acid) 被分解成次黃嘌呤，所以 K 值之上升即為 ATP 的初期分解物中之次黃嘌呤核苷酸量減少，其後期生成物中之次黃嘌呤核苷和次黃嘌呤增加，亦即表示魚肉鮮度開始下降。經由實驗結果顯示，在 0 °C 以上之溫度貯藏，溫度愈高鮮度下降愈快，其貯藏期限愈短，而在凍結點以下，凍藏溫度愈低，其貯藏期限愈長。以 K 值 20 % 為生食用之鮮度界限⁽²⁹⁾，並配合官能評定，發現紅瓜鱆魚片在 0、5 和 10 °C 中分別可貯藏 4、2 和 1 日，而 20 和 30 °C 可貯藏 2 h 和 1.5 h，至於 40 °C 僅可貯藏 45 min 左右。在 -20 °C 可貯藏 12 週以上，而 -40 °C 則可貯藏 18 週以上。

以 K 值和鹽溶性蛋白質抽出量來作為冷凍鱆魚和鰈魚之品質判定指標顯示，K 值與鹽溶性蛋白質抽出量之相關係數分別為 -0.80 ($\alpha=1\%$, $n=30$) 和 -0.62 ($\alpha=1\%$, $n=40$)⁽³⁰⁾。在本試驗中，K 值與鹽溶性蛋白質抽出量之相關係數分別為 -0.69 (-40 °C)，-0.52 (-20 °C)，-0.62 (0 °C)，-0.65 (5 °C)，-0.066 (10 °C)，-0.053 (20 °C)，-0.078 (30 °C) 和 -0.094 (40 °C)。此結果顯示，在 5 °C 以下之各溫度貯藏時，其 K 值與鹽溶性蛋白質抽出量呈現負相關，表示鱆魚魚片之鮮度越低 (K 值高)，其鹽溶性蛋白質之抽出量亦越低，但在 10 ~ 40 °C 的貯藏試驗結果顯示兩者之相關性不高，推測可能係因高溫貯藏造成魚片之鮮度下降迅速，故其 K 值與鹽溶性蛋白質之抽出量無良好的相關性表現。

(二) 鹽溶性蛋白質之變化

本試驗主要在探討紅瓜鱆魚肉之鹽溶性蛋白質在 0 °C 以上各種溫度之熱安定性及凍結對鹽溶性蛋白

質之影響，茲分述如下。

1. 鹽溶性蛋白質在 0 °C 以上之熱安定性

魚肉之鹽溶性蛋白質可反映出貯藏和加工期間品質之變化，而 Ca-ATPase 活性則為鹽溶性蛋白質於冰藏、凍藏之良好指標之一^(31,32)。試驗中鹽溶性蛋白質之 Ca-ATPase 活性，分別在 2 日 (0、5、10 °C)，4 h (20 °C) 和 1.5 h (30、40 °C) 時，其活性達最高後再下降。由實驗結果發現溫度對 Ca-ATPase 活性之影響，以 40 及 30 °C 貯藏組其 Ca-ATPase 活性之最大值出現時間較其他各試驗組早，推測可能係因高溫加速魚肉中鈣離子釋出，而激發 Ca-ATPase 的活性⁽³³⁾。

鹽溶性蛋白質之抽出量與固有黏度值之變化趨勢，同 Ca-ATPase 活性般，皆於最大值出現後再隨即下降。在蛋白質之熱變性中可產生分子形態之變化或伴同凝集的現象，故探討黏度變化可明瞭其蛋白質性質，同時，蛋白質熱變性程度和速度則因魚種而異，可造成其固有黏度之下降⁽⁷⁾。本實驗中鹽溶性蛋白質抽出率、固有黏度值與 Ca-ATPase 比活性之變化近似，且後兩者呈正相關 ($r=0.63$)。貯藏期間，部分試驗組之鹽溶性蛋白質抽出量隨貯藏日數有降低再回升之趨勢，可能係因蛋白水解酵素使肌肉細胞受損，導致鹽溶性蛋白質較易抽出之故。貯藏末期，鹽溶性蛋白質抽出量最低，Ca-ATPase 活性急遽下降，K 值達 50% 以上，魚片經官能評定有腐敗臭產生，顯示魚肉蛋白質已嚴重變性，並進入完全腐敗階段。至於魚片貯藏前其鹽溶性蛋白質之抽出量，除 40 °C 貯藏組外，皆低於貯藏初期之各試驗組，推測可能是水溶性蛋白質於離心時，未能完全去除，造成其鹽溶性蛋白質抽出量的降低^(34,35)。因此，依實驗結果建議鱆魚加工製成魚漿之過程中，為減少鹽溶性蛋白質變性，其品溫最好保持在 10 °C 以下，此結果也與魷魚漿加工⁽³⁶⁾之結果類似。

2. 凍結對鹽溶性蛋白質變化之影響

紅瓜鱆魚片在 -20 和 -40 °C 凍藏至第 4 和 6 週時，其鹽溶性蛋白質之抽出量達較凍結前高，此結果與淺海狐鮫在 -20 °C 凍藏 60 天時，其鹽溶性蛋白質之抽出量達最高的結果相似，據該作者推測，此乃因凍藏前魚片為僵直期間，故其未凍藏魚肉之鹽溶性蛋白質抽出量遠較凍藏 60 ~ 90 天者低⁽³⁷⁾。又魚肌肉中所含的 Ca-activated proteases、Alkaline proteases、Cathepsin B、D 及 L 等蛋白酶可分解

魚肉蛋白質，造成胨肽及胺基酸之增加，而此等產物會促進凍藏中蛋白質之冷凍變性⁽³⁸⁻⁴⁰⁾。實驗中凍藏魚片隨凍藏時間之增長，而使蛋白質變性⁽³⁸⁾，因此，鹽溶性蛋白質之抽出量下降，且固有黏度值亦降低。此外，Ca-ATPase 活性亦隨凍藏時間之增長而漸遞減。而鯉魚之鹽溶性蛋白質於 -20℃ 凍藏 2 週後，Ca-ATPase 活性為凍藏前之 41%⁽⁶⁾，表示魚肉鹽溶性蛋白質之 Ca-ATPase 活性，可隨凍藏時間增長而下降⁽⁴¹⁾。因此，紅瓜鰱魚於 -20 ~ -40℃ 凍藏時間以不超過 3 個月為宜。

謝辭

本計劃承蒙國立台灣海洋大學水產食品科學系江善宗教授及陳榮輝教授不吝賜教和指導，本所漁業生物系翁廷辰博士協助修改英文摘要，本系全體同仁鼎力幫忙，及其他未具名審查者提供寶貴意見，謹在此一併致謝。

參考文獻

1. 台灣省農林廳漁業局 (1990) 中華民國 79 年台灣地區漁業年報。
2. 藤井 豐 (1978) 赤身魚類的加工特性. *New Food Industry*, **20**(4): 8-13.
3. Suzuki, T., K. Kanna and T. Yamamoto (1969) Variation of the muscle protein in horse mackerel. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **35**(5): 451-458.
4. 志水 寬 (1976) ゲル形成能. 白身の魚と赤身の魚—肉の特性. 水産學シリーズ 13, 日本水産學會編, 恒星社厚生閣, 日本, 東京, 115-116.
5. 新井健一 (1974) 魚類筋肉タンパク質研究からみた魚の品質. 魚の品質, 水産學シリーズ 4, 日本水産學會編, 恒星社厚生閣, 日本, 東京, 55-73.
6. Arai, K and R. Takashi (1977) Studies on muscular proteins of fish-XI. Effect of freezing on denaturation of actomyosin ATPase from carp muscle. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **43**: 533-541.
7. Tadao, U., S. Yutaka and S. Wataru (1964) Studies on muscle of aquatic animals — XXXX II. Species difference in fish actomyosin (part 2). Relation between heat-denaturing point and species. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **31**(4): 352-356.
8. Suyama, M. and M. Konosu (1987) Functionality changes of meat during storage and processing. *In* Marine Food, (Suisan Shokuhin Gaku ed.). Japanese, Koseisha, Tokyo, Japan, 168-202.
9. Andou, S., K. Takama and K. Zama (1979) Interaction between lipid and protein during frozen storage I. Effect of oil dipping on rainbow trout muscle during frozen storage. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, **30**: 282 pp.
10. Andou, S., K. Takama and K. Zama (1980) Interaction between lipid and protein during frozen storage II. Effect of non-polar and polar lipid on rainbow trout myofibrils during frozen storage. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, **31**: 201 pp.
11. Andou, S., K. Takama and K. Zama (1981) Interaction between lipid and protein during frozen storage III. Interaction between water and lipids surrounding myofibrillar protein. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, **32**: 97 pp.
12. Andou, S., K. Takama and K. Zama (1981) Interaction between lipid and protein during frozen storage IV. The adaptation of the ultraviolet absorption spectrum method for the determination of protein content in the mixture of lipids and myosin B. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, **32**: 188 pp.
13. Jiang, S. T. (1984) Effect of free amino acids and freezing conditions on protein denaturation of frozen fish. Doctoral dissertation, University of Rhode Island. Rhode Island, U. S. A., 138 pp.
14. Jiang, S. T. and T. C. Lee (1985) Changes in free amino acids and protein denaturation of fish muscle during frozen storage. *J. Agric. Food Chem.*, **33**: 839-844.
15. Jiang, S. T., C. Y. Tsao and T. C. Lee (1987a) Effect of free amino acids on the denaturation of mackerel myofibrillar protein in vitro during frozen storage. *J. Agric. Food Chem.*, **35**: 28-33.
16. Jiang, S. T., B. S. Hwang and C. Y. Tsao (1987b) Protein denaturation and change in nucleotides of fish muscle during frozen storage. *J. Agric. Food Chem.*, **35**: 22-27.
17. Jiang, S. T., B. S. Hwang and C. Y. Tsao (1987c) Effect of adenosine nucleotides and their derivatives on the denaturation of myofibrillar proteins in vitro during frozen storage at -20℃. *J. Food Sci.*, **52**(1): 117-123.
18. Noguchi, S. (1982) Characteristics of fish proteins from processing point of view II. Protein denaturation of

- frozen fish muscle. *New Food Industry*, **21**: 34-42.
19. 宇田文昭, 内山 均 (1986) 簡易カラムクロマトグラフィーと比色法による K 値測定. 魚の低温貯藏と品質評價法. 小泉千秋編, 水産学シリーズ 60, 恒星社厚生閣, 日本, 東京, 24-35.
 20. 内山 均, 角田聖齊 (1984) 魚類鮮度判定恒数—K 値の簡易測定法の改良. *日水誌*, **50**(2): 63-267.
 21. Noguchi, S. and J. J. Matsumoto (1970) Studies on the control of the denaturation of the fish muscle protein during the frozen storage — I. Preventive effect of Na-glutamate. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **36**(10): 1078-1087.
 22. 梅本 滋 (1966) ビュレット反応による魚肉たん白定量法の改良. *日水誌*, **32**(5): 427-435.
 23. 新井健一 (1974) 魚類筋肉タンパク質の特性の測定 ATPase 活性, ATP 感度, 超沉澱, アクチンの活性, 水産生物化学. 食品学実験書, 齊藤恒行・内山 均・梅本 滋・河端俊治編, 恒星社厚生閣, 日本, 東京, 189-194.
 24. 李育德, 顔文義, 莊祖煌 (1989) 分子量及其測定方法. 聚合物物性. 高立圖書公司, 27-64.
 25. SAS (1988) *SAS User's Guide : Basic Statistical Analysis*. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina.
 26. 富山哲夫, 小林邦男, 北原慶子, 白石悦子, 大庭信良 (1966) 低温貯藏中におけるコイ肉ヌクレオチドの變化と鮮度について. *日水誌*, **32**(3): 262-266.
 27. 内山 均, 鈴木たね子, 江平重男, 野口榮三郎 (1966) ヒラメ・カツオの冰藏中における鮮度低下に関する生化学的研究. *日水誌*, **32**(3): 280-285.
 28. 藤井 豊, 内山 均, 江平重男, 野口榮三郎 (1966) 冰藏中のヒラメ筋肉ヌクレチド関連物質の消長と鮮度との関係. *日水誌*, **32**(5): 410-416.
 29. 内山 均, 江平重男, 小林 宏, 清水 垣 (1970) 揮發性鹽基氮, トリメチルアミン, ATP 関連化合物の魚類鮮度判定法としての測定意義. *日水誌*, **36**(2): 177-187.
 30. 小嶋秩夫, 中林保應 (1975) 第 14 回國際冷凍會議 C-2 部門講演, 23 pp.
 31. Seki, N. (1977) Extraction of fish muscle proteins. In *Fish Protein*, (Japan Soc. Sci. Fish. ed.). Koseisha, Tokyo, 7 pp.
 32. Arai, K. (1974) Evaluation of fish quality from the muscle protein studies In *Quality of Fish*, (Sakana no Hinshitsu ed.). Japan. Soc. Sci. Fish. Koseisha, Tokyo, 55 pp.
 33. Wright, J., I. B. Leach and P. Wilding (1977) Different scanning calorimetric studies of muscle and its constituent protein. *J. Sci. Food Agric.*, **28**: 557-564.
 34. 陳憶雯 (1994) 美洲大魷魚魚漿及吳郭魚肌原纖維蛋白萃取物之熱分析. 國立台灣海洋大學水產食品科學研究所碩士論文.
 35. 黃琇娟 (1994) 肌原纖維蛋白質多重組態之熱分析鑑識. 國立台灣海洋大學水產食品科學研究所碩士論文.
 36. 江善宗, 黃德乾 (1991) 冷凍魷魚漿之品質改進. 魷魚加工. 孫寶年, 蕭泉源, 許登基主編, 國立台灣海洋大學水產食品科學叢書, 99-103.
 37. 陳輝煌, 駱錫能, 陳翠瑤 (1996) 淺海狐鮫在凍藏期間生化特性、熱穩定性及成膠特性之變化. *中國農業化學會誌*, **34**(3): 309-322.
 38. Bechtel, P. J. and F. C. Parrish Jr. (1983) Effect of postmortem storage and temperature on muscle protein degradation: Analysis of SDS gel electrophoresis. *J. Food Sci.*, **48**: 294-305.
 39. 牧之段保夫 (1982) 加工上に見られる魚肉タンパク質の特質. I. 貯藏加工中の魚肉タンパク質の變化と筋肉プロテアーゼ. *New Food Industry*, **24**(3): 63-65.
 40. 野中順三丸, 須山三千三 (1987) 魚貝肉の主要成分. 水産食品学, 恒星社厚生閣, 日本, 東京, 100-101.
 41. Connell, J. J. (1960) Changes in the adenosin triphosphatase activity and sulfhydryl group of cod during frozen storage. *J. Sci. Food Agric.*, **2**: 245-249.

Wen-Liang Wang, Huey-Jiun Chai, Sheau-Ling
Lin, Jyh-Shyue Liaw and Tsong-Song Chen

Department of Marine Food Technology, Taiwan

Fisheries Research Institute, 199 Hou-Ih Rd.,

Keelung 202, Taiwan.

(Accepted 22 June 1995)



Effect of Temperature on Salt-soluble Protein and Freshness of Mackerel Scad *Decapterus russellii*

Abstract

Using K-value, a freshness index, at 20% as an acceptable limit of mackerel scad *Decapterus russellii* for sashimi quality together with sensory evaluation, the raw meat could be stored at -20 and -40 °C for 12 and 18 weeks, at 40, 30, 20, 10, 5 and 0 °C for 3/4, 2, 4, 24, 48 and 96 hours, respectively. The Ca-ATPase activity of salt-soluble proteins increased with the storage time at the early stage and then decreased rapidly during the prolonged storage. It reached the maximum value in 1.5 h at 40 and 30 °C, in 4 h at 20 °C, in 2 days at 10, 5 and 0 °C, in 4 wk at -20 °C, and in 6 wk at -40 °C. For minimizing the denaturation of muscle proteins during processing and storage, we supposed that the mackerel scad can be kept at below 10 °C during processing and stored at -20 or -40 °C for less than 3 months. Based on the raw meat stored at various temperatures experiment, the Ca-ATPase activity was highly correlated with the intrinsic viscosity of salt-soluble proteins, while the solubility of salt-soluble proteins was negatively correlated with the K-value when stored at below 5 °C.

Key words: Mackerel scad, *Decapterus russellii*, Salt-soluble protein, Ca-ATPase activity, Intrinsic viscosity