

正鰹、東方條鰹及白腹鯖實施氯化鈣鹽水 浸漬式凍結之可行性

張士軒·王文亮

Feasibility of Calcium Chloride Brine Immersion-Freezing for Bonitos (*Katsuwonus pelamis* and *Sarda orientalis*) and Mackerel (*Scomber japonicus*)

Shyh-Shiuan Chang and Wen-Liang Wang

Marketed fresh and perfect bonitos, *Katsuwonus pelamis* and *Sarda orientalis*, and mackerel, *Scomber japonicus*, were immersion frozen in $-17.5\sim-42.5^{\circ}\text{C}$ calcium chloride (CaCl_2) brine. Freezing velocity, body breaking, and permeant CaCl_2 content were used as indices to justify the feasibility of CaCl_2 brine immersion-freezing method. The results showed that: (1) The higher the maturity of the fish, the lower the freezing velocity; (2) The lower the temperature of CaCl_2 brine, the quicker the freezing velocity; (3) the fish can be immersion frozen right after catching without precooling; (4) No body breaking occurred if the fish was perfectly immersed in CaCl_2 brine; (5) Although the permeant CaCl_2 contents in the skin were higher than those in the dorsal muscle, most of them were lower than 1%; (6) wash the surface of the fish either post-freezing or pre-thawing can effectively reduce the permeant CaCl_2 content in the skin. From these results, it was concluded that CaCl_2 brine immersion-freezing method was feasible for the fishes used in this study.

前 言

筆者於前報⁽¹⁾中探討鯖魚以氯化鈣鹽水實施浸漬式凍結，並與空冷式凍結法作比較，發現：(1)魚體中心溫度通過 $0\sim-10^{\circ}\text{C}$ 及 $0\sim-20^{\circ}\text{C}$ 之時間，氯化鈣鹽水浸漬式凍結者($-18\sim-45^{\circ}\text{C}$)分別為空冷式凍結者(-42°C)之 $1/4.3\sim 1/21$ 及 $1/2.2\sim 1/15.9$ ；(2)氯化鈣鹽水溫度越低時，鯖魚之凍結速度越快；(3)魚體若完全浸入氯化鈣鹽水中，則無破裂發生；(4)魚體之破裂與魚的鮮度、成熟度、初溫、凍結速度、凍結時間或氯化鈣鹽水之溫度都無關；(5)背肉中氯化鈣之滲透量都低於

0.5%，無食用上安全性之虞；(6)在凍結完成後或在解凍前以水洗淨魚體表面，可以防止背肉中氯化鈣滲透量之增加；及(7)漁獲後不必預冷或均溫處理，但應立刻實施凍結處理。從上述結果可知：鯖魚以氯化鈣鹽水實施浸漬式凍結具有可行性。

本研究係以鯷魚為主要對象魚種，於 $-17.5 \sim -42.5^{\circ}\text{C}$ 的氯化鈣鹽水中實施浸漬式凍結，以魚體破裂、氯化鈣滲透量及凍結速度為可行性之指標。在氯化鈣滲透量方面對普通肉（背肉）及表皮分別測定，並進一步探討水洗方式和解凍方式之不同對表皮或背肉中氯化鈣滲透量之影響，以求較適當的減少氯化鈣滲透量的方法。最後則以鯖魚為對象，於凍結前使魚體中心溫度不同，以凍結後魚體是否破裂來判定預冷是否有必要。由上述實驗之結果，綜合判定氯化鈣鹽水浸漬式凍結法對鯷魚（含鯖魚）之可行性。

材料與方法

一、原料魚：

從基隆市仁愛及和平兩市場購買鮮度良好型態完整的正鯷（*Katsuwonus pelamis*）、東方條鯷（*Sarda orientalis*）及白腹鯖（*Scomber japonicus*），其體重、尾叉長及成熟度等列於表1~6中。

二、藥品：

- (一)氯化鈣：食品級。
- (二)分析用藥品：Merck公司產品。

三、試驗方法：

市售新鮮原料魚→採樣→分組→ $-17.5 \sim -42.5^{\circ}\text{C}$ 氯化鈣鹽水中浸漬凍結→流水解凍或室溫解凍→測凍結時間、魚體破裂情形及表皮和背肉中氯化鈣之滲透量。

四、測定項目及方法：

- (一)凍結速度：以多點式溫度自動記錄器（CHINO產品）測定魚體中心溫度在凍結過程中之變動情形，直到與氯化鈣鹽水溫度相同為止。以魚體中心溫度通過 $0 \sim -10^{\circ}\text{C}$ 和 $0 \sim -20^{\circ}\text{C}$ 所需之時間，作為凍結速度之比較。
- (二)魚體破裂：就解凍後之魚體，檢視體表有無破裂，如有破裂，則測定其長度和寬度，並記錄其部位。
- (三)氯化鈣滲透量：參照AOAC⁽²⁾的方法，測定表皮和背肉（普通肉）中氯化鈣之含量⁽¹⁾。方法如下：

稱10g細碎表皮或背肉（不含血合肉）→加過量（A ml）的 0.1N AgNO_3 （Merck）→加20ml濃 HNO_3 （Merck）→緩慢加熱攪拌沸騰約15min→放冷→加50ml H_2O 及5ml $\text{Fe NH}_4(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 飽和溶液（Merck）→以 $0.1\text{N NH}_4\text{SCN}$ （Merck）滴定（B ml）至呈永久的淡棕色→另做空白試驗→計算氯化鈣含量（%）= $(A - B) \times 0.05549\%$ 。

結果與討論

一、正鯷（*Katsuwonus pelamis*）：

表1係將正鯷浸漬於 -17.5°C 的26.81%氯化鈣鹽水中凍結時魚體成熟度、魚體破裂及氯化鈣滲透量之關係。成熟度在 $13.56 \sim 16.22\text{ kg/m}^3$ ，魚體均無破裂。氯化鈣滲透量以表皮高於背肉，背肉中氯化鈣之滲透量只有 $0.04 \sim 0.17\%$ ，但表皮中則為 $0.38 \sim 1.02\%$ 。

如以較低溫的氯化鈣鹽水實施正鯷之浸漬式凍結，如表2和表3所示。表2係在 $-32.7 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 的35.96%氯化鈣鹽水中浸漬凍結，成熟度為13.46和14.24，凍結前魚體溫度（初溫）為 15.5

表1 正鱈以26.81%氯化鈣鹽水在-17.5°C完全地浸漬凍結後魚體破裂情形和氯化鈣滲透量
 Table 1 Body breaking and permeant CaCl₂ content of bonito (*Katsuwonus pelamis*) after immersion-freezing perfectly in 26.81% CaCl₂ brine at -17.5°C

樣品編號 Sample No.	體重(公克) Body weight(g)	尾叉長(公分) Fork length(cm)	成熟度(公斤/公尺 ³) Maturity (kg/m ³)	魚體破裂 Body breaking	氯化鈣滲透量(百分比) Permeant CaCl ₂ content (%)	
					背 Dorsal	肉 表皮 muscle Skin
1	500.61	33.3	13.56	No	0.17	1.02
2	906.98	39.5	14.72	No	0.08	0.38
3	556.97	32.5	16.22	No	0.11	0.67
4	658.14	35.1	15.22	No	0.04	0.71

表2 正鱈以35.96%氯化鈣鹽水在-32.7±0.5°C浸漬凍結
 Table 2 Immersion-freezing of bonito (*Katsuwonus Pelamis*) by 35.96% CaCl₂ brine at -32.7 ± 0.5°C

樣品編號 Sample No.	體重(公克) Body weight(g)	尾叉長(公分) Fork length(cm)	成熟度(公斤/公尺 ³) Maturity (kg/m ³)	凍結前品溫(度) Body temperature before freezing (°C)	凍結時間(分) Freezing time (min)	魚體破裂 Body breaking	氯化鈣滲透量(百分比) Permeant CaCl ₂ content (%)	
							背 Dorsal	肉 表皮 muscle skin
1	961.80	41.5	13.46	15.5	36	No	0.01	0.48
2	877.58	39.5	14.24	16.2	50	No	0.01	0.32

表 3 凍結後水洗和解凍方法對於正鱈在 35.96% 氯化鈣鹽水中於 -39.6°C 浸漬凍結後氯化鈣滲透量之影響
 Table 3 Effect of washing after freezing and thawing method on the permeant CaCl₂ content of bonito
 (*Katsuwonus Pelamis*) immersion-frozen in 35.96% CaCl₂ brine at -39.6°C

樣品編號 Sample No.	體重 (克) Body weight (g)	尾叉長 (公分) Fork length (cm)	成熟度 (公斤/公尺 ³) Maturity (kg/m ³)	凍結前溫度 (度) Central temperature before freezing (°C)	凍結時間		魚體破裂 Body breaking	氯化鈣滲透量 (百分比) permeant CaCl ₂ content (%)	
					Freezing time (min)	0-10°C 0-20°C		背肉 Dorsal muscle	表皮 Skin
1 ^a	566.98	34.9	13.33	5.2	13.5	23.0	No	0.020	0.57
2 ^b	598.62	36.3	12.52	4.8	12.0	22.0	No	0.004	0.34
3 ^c	596.72	35.3	13.57	4.8	14.0	27.0	No	0.005	0.78
4 ^d	531.13	33.7	13.88	ND ^e	ND ^e	ND ^e	No	0	0.60

a: 當魚體品溫降到 -30°C 以下後，立即水洗，然後在 19°C 流水中解凍。

After the central temperature of the fish reduced to below -30°C, it was instantly washed and then thawed by running water at 19°C.

b: 當魚體品溫降到 -30°C 以下後，立即水洗，然後在 19.2°C 室溫下解凍。

After the central temperature of the fish reduced to below -30°C, it was instantly washed and then thawed by setting at ambient temperature (19.2°C).

c: 當魚體品溫降到 -30°C 以下後，未經水洗，在 19°C 流水中解凍。

After the central temperature of the fish reduced to below -30°C, it was thawed by running water at 19°C without washing.

d: 當魚體品溫降到 -30°C 以下後，未經水洗，在 19.2°C 室溫下解凍。

After the central temperature of the fish reduced to below -30°C, it was thawed by setting at ambient temperature (19.2°C) without washing.

e: 未測定。

Not detected.

℃和16.2℃，而魚體中心溫度通過0~-10℃（最大冰結晶生成帶）和0~-20℃所需之時間，則隨成熟度之增加而增加，故成熟度與凍結速度有負相關關係，表3亦有相同之結果。在魚體破裂方面，表2和表3之樣品與表1者一樣，在凍結完成後檢視時均無破裂。雖然氯化鈣鹽水之溫度不同（分別為 -32.7 ± 0.5 ℃、 -39.6 ℃及 -17.5 ℃），其凍結速度係以較低溫者較快。正如前報⁽¹⁾所述，魚體只要完全浸入氯化鈣鹽水中則魚體不會發生破裂。在氯化鈣滲透量方面，表2和表3中亦以表皮高於背肉，背肉中氯化鈣之滲透量極少，但表皮中氯化鈣之滲透量則與表1相似，乃凍結速度越快時，由於魚體表面很快被凍結，產生的冰晶阻止了氯化鈣進一步滲透到魚肉。但氯化鈣因很快附着在表皮上並滲入表皮中，故與凍結速度之快慢無關。

為瞭解魚體在凍結完成後水洗與否以及解凍方法對背肉和表皮中氯化鈣之滲透量之影響，如表3所示，當魚體中心溫度降到-30℃以下時，從浸漬液中取出，將其分成立即水洗與未經水洗兩組，再分別於流水（19.0℃）和室溫（19.2℃）下解凍，然後測定背肉和表皮中氯化鈣之滲透量，結果顯示立即水洗者較未經水洗者可以有效地降低表皮中氯化鈣之滲透量（樣品1、2分別低於樣品3、4）。此外，不論是立即水洗或未經水洗，以室溫解凍者其表皮中氯化鈣滲透量都低於以流水解凍者（樣品2、4分別低於樣品1、3）。以流水解凍時，其解凍速度應較室溫解凍快，而且能洗去較多的表皮中滲入的氯化鈣，然數據却顯示相反之結果，其原因有待進一步的探討。

從表1、2和3之結果顯示：魚體只要完全浸入氯化鈣鹽水中，都不會發生破裂，亦即魚體之成熟度、凍結前之品溫或氯化鈣鹽水之溫度（凍結速度之快慢）等都不至於促使魚體發生破裂。成熟度越大時，凍結速度越慢。氯化鈣主要滲透到表皮中，對背肉之影響極微。魚體在凍結後或解凍前實施水洗，洗淨魚體表面，可以有效地減少表皮中滲透的氯化鈣量，無需以海藻酸鈉被覆劑實施凍結前處理⁽³⁾。

二、東方條鯉 (*Sarda orientalis*) :

將東方條鯉浸漬於-20℃的26.81%氯化鈣鹽水中凍結，所得結果如表4所示。雖然魚體之成熟度或凍結前品溫相似或相同，其凍結速度却相差很多。魚體在凍結後亦無破裂發生，而且背肉和表皮中氯化鈣之滲透量雖然後者高於前者，但都遠低於1%可接受量⁽⁴⁾⁻⁽⁸⁾。上述結果顯示：東方條鯉亦如鯖魚⁽¹⁾或正鯉可以實施氯化鈣鹽水之浸漬式凍結。此外，樣品3在-37℃靜止空氣中凍結362min後，魚體之品溫只降到-1.8℃，故以較高溫的氯化鈣鹽水浸漬凍結，在單位時間內可以比靜止空氣凍結法處理較多的漁獲物。

三、白腹鯖 (*Scomber japonicus*)

表5係將凍結前品溫不同（3、4、16℃）之白腹鯖在-42.5℃的氯化鈣鹽水中浸漬凍結2hr，結果顯示除了樣品4在靠近尾部的側綫處發生一處10×5mm之破裂外，其他3個樣品都未發生破裂，此可能與其成熟度（13.18 kg/m³）較大有關，或與其凍結前品溫有關。由於樣品4之魚體破裂情形很輕微，對外觀影響不大，故白腹鯖在漁獲後可以不必先予預冷，此結果與前報⁽¹⁾相同，而且表6亦顯示相同之結果。

摘 要

以市售新鮮且型態完整的正鯉、東方條鯉及白腹鯖為原料，於-17.5℃~-42.5℃氯化鈣鹽水中實施浸漬式凍結，結果顯示：魚體之成熟度越大時，凍結速度較慢；氯化鈣鹽水之溫度越低，凍結速度較快；魚體在漁獲後可以直接實施浸漬凍結，無需預冷；凍結時，魚體若完全浸入氯化鈣鹽水中，則不會發生破裂；氯化鈣在魚體中之滲透量以表皮高於背肉，但絕大多數都低於1%的可接受量；凍結後或解凍前之水洗，可以有效地減少表皮中之氯化鈣滲透量。從凍結速度、魚體破裂與氯化鈣滲透量來考慮，以氯化鈣鹽水實施正鯉、東方條鯉及白腹鯖之浸漬式凍結，是具有可行性的一種凍結法。

表 4 在 -20°C 氯化鈣鹽水中東方條鯉之浸漬式凍結
Table 4 Immersion-freezing of bonito (*Sarda orientalis*) in CaCl₂ brine at -20°C

樣品編號 Sample No.	體重 (公克) Body weight (g)	尾叉長 (公分) Fork length (cm)	成熟度 (公斤/公尺 ³) Maturity (kg/m ³)	凍結前品溫 (度) Central temperature before freezing ($^{\circ}\text{C}$)	凍結時間 (分)		魚體破裂 Body breaking	氯化鈣滲透量 (百分比)	
					Freezing time (min)	0- 10°C 0- 20°C		背肉 Dorsal muscle	表皮 Skin
1	1,370.69	46.5	13.63	7.3	68	203	No	0.04	0.15
2	1,641.89	49.3	13.70	7.3	83 ^b	320 ^b	No	0.02	0.21
3 ^a	1,435.71	48.6	12.51	9.2	ND	ND	No	ND ^b	ND ^b

a: 為對照組，其品溫在 -37°C 靜止空氣中凍結 362 分鐘後為 -1.8°C 。

It was the blank. Its central temperature was -1.8°C after freezing at -37°C still air for 362 min.

b: 未測定

Not detected.

表 6 白腹鯖在 -42°C 氯化鈣鹽水中浸漬凍結 4.5 小時後成熟度或凍結前品溫與魚體破裂之關係
Table 6 Relationship between maturity or central temperature before freezing and body breaking of mackerel (*Scomber japonicus*) after immersion-freezing in CaCl₂ brine at -42°C for 4.5 hours.

樣品編號 Sample No.	體重 (公克) (g)	尾叉長 (公分) (cm)	成熟度 Maturity (公斤/公尺 ³) (kg/m ³)	凍結前品溫 (度)		魚體破裂 Body breaking
				before freezing ($^{\circ}\text{C}$)	凍結後品溫 (度) Central temperature before freezing ($^{\circ}\text{C}$)	
1	499.38	35.5	11.16	28	-37	No
2	410.69	33.2	11.22	1	-37	No
3	442.03	32.8	12.53	28	-37	No
4	439.79	33.8	11.39	1	-37	No
5	398.81	33.0	11.10	28	-37	No

表5 白腹鯖在 -42.5°C 氯化鈣鹽水中浸漬凍結2小時後成熟度或凍結前
品溫與魚體破裂之關係

Table 5 Relationships between maturity or central temperature before
freezing and body breaking of mackerel (*Scomber*
japonicus) after immersion-freezing in CaCl_2 brine
at -42.5°C for 2 hours

樣品編號 Sample No.	體重 (公克) Body weight (g)	尾叉長 (公分) Fork length (cm)	成熟度 (公斤/公尺 ³) Maturity (kg/m ³)	凍結前品溫 (度) Central temperature before freezing ($^{\circ}\text{C}$)	魚體破裂 Body breaking
1	412.88	33.2	11.28	3	No
2	366.69	30.8	12.55	4	No
3	366.42	32.0	11.18	16	No
4	400.21	31.2	13.18	16	1 location near tail 5 x 10 mm

參考文獻

1. Chang, S.S. (1987). Feasibility of calcium chloride brine immersion-freezing for mackerel, *Bull. Taiwan Fish. Res. Inst.*, **43**, 53 - 73.
2. William, H. (1980). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*, 289 - 290.
3. Kuwano, K. (1984). Effect of sodium alginate coating on CaCl_2 brine immersion freezing of fish. *Refrigeration*, Tokyo, **59(685)**, 25 - 36.
4. Ogawa, Y. (1981). On the calcium chloride brine-freezing system aboard tuna fishing boats (I). *Refrigeration*, Tokyo, **56(649)**, 89 - 100.
5. Ogawa, Y., Konagawa, T., and Tsuge, K. (1983). On the CaCl_2 brine immersion freezing system aboard tuna fishing boats (II). *Refrigeration*, Tokyo, **58(663)**, 45-56.
6. Ogawa, Y., Konagawa, T., Nishikawa, M., and Hasegawa, K. (1983). On the CaCl_2 brine-immersion freezing system aboard tuna fishing boats (III). *Refrigeration*, Tokyo, **58(673)**, 53 - 67.
7. Ogawa, Y., Konagawa, T., Nishikawa, M., and Hasegawa, K. (1984). On the CaCl_2 brine-immersion freezing system aboard tuna fishing boats (IV). *Refrigeration*, Tokyo, **59(684)**, 21 - 36.
8. Ogawa, Y. (1986). On the CaCl_2 brine-immersion freezing system aboard tuna fishing boats (V). add : Studies on application of freezing to food processing. *Refrigeration*, Tokyo, **61(199)**, 3 - 17.