

진공 해동과 침수 해동에 의한 냉동 가다랑어(*Katsuwonus pelamis*)의 품질 차이에 관한 연구

이태헌 · 구재근^{1*}

세인 NW, ¹군산대학교 식품생명공학과

Comparison of the Quality of Frozen Skipjack Tuna *Katsuwonus pelamis* Thawed by Vacuum and Water Immersion

Tae-Hun Lee and Jae-Geun Koo^{1*}

SEIN NW, Youngin 452-2, Korea

¹Department of Food Science and Biotechnology, Kunsan National University, Kunsan 573-440, Korea

Thawing is very important in tuna canning because it affects the yield and quality of the canned tuna, and productivity. The effects of vacuum thawing on the quality, yield, and thawing times of frozen skipjack were compared with conventional water immersion thawing. The time required to thaw frozen skipjack tuna (weight 2.5-3.0 kg) from -10°C to -2°C was 75, 60, and 37 min at a pressure of 17, 23, and 31 mmHg, respectively, corresponding to temperatures of 20, 25, and 30°C. The thawing time decreased with increasing pressure. Vacuum thawing shorten the thawing time by 58-80% compared with water immersion thawing at 20°C, and there was less difference between the core and skin temperatures than with water immersion thawing. No significant change in pH or histamine was observed according to thawing method, while the volatile basic nitrogen (VBN), trimethylamine (TMA), and K value were lower with vacuum thawing than water immersion thawing. Based on these results, we believe that vacuum thawing minimizes the biochemical and microbial changes that occur while thawing frozen skipjack tuna.

Key words: Vacuum thawing, Water immersion thawing, Frozen skipjack tuna

서론

참치 통조림의 주 원료인 가다랑어는 참치 중에서 가장 작으나 체온은 상대적으로 높아 사후 생화학적 변화가 매우 활발하게 일어난다. 따라서 어획 직후 온도 관리를 소홀히 하면 자가 소화효소의 작용에 의하여 육의 분해가 촉진되어 심각한 품질 문제가 발생한다(Altringham and Block, 1997; Brown et al., 1967; Crawford et al., 1970). 참치통조림 제조시 주요 온도관리 공정은 해동, 자숙 및 냉각이다(Zhang et al., 2001). 일반적으로 사용하고 있는 해동 방법은 냉동 참치를 15-20°C의 물속에 침지시켜 3-8시간 해동을 실시하는데, 어체 크기의 불균일로 인해 과해동과 미해동이 자주 발생된다. 과해동이 되면 자가 소화효소의 작용에 의하여 해동과정 중 육단백질의 분해가 일어나며, 미해동이 되면 자숙이 불충분하여 잔존 효소의 활성

에 의해 자숙과 냉각 공정 중 육단백질 분해가 일어난다. 따라서 해동시 냉동 참치의 중심 품온을 -2-4°C까지 가능한 빠르게 해동하는 것이 매우 중요하다.

진공해동은 진공 상태에서 발생하는 포화 수증기의 응축열을 이용하여 해동하는 기술이다. 즉, 냉동 원료를 밀폐된 탱크에 두고 압력을 낮추면 포화 수증기가 발생하게 되며, 이 수증기가 냉동물의 표피에 응축이 되면서 내어놓는 응축열에 의하여 신속하게 해동이 이루어진다. 따라서 진공해동은 공기가 없고 저온 온도에서 해동이 진행되기 때문에 해동 속도가 빠르고 품온이 일정하며, 지방 산화와 세균 발육 등의 변화가 적게 일어난다.

본 연구에서는 참치통조림 제조의 주요 공정인 해동 공정에 있어서 종래의 침수해동이 지니고 있는 공정시간 과다소요, 불균일한 품온 등의 문제점을 극복하기 위하여 진공해동방식의

Article history;

Received 20 November 2012; Revised 6 December 2012; Accepted 10 December 2012

*Corresponding author: Tel: +82. 63. 469. 1828 Fax: +82. 63. 469. 1828

E-mail address: kseaweed@kunsan.ac.kr

Kor J Fish Aquat Sci 45(6) 635-639, December 2012

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2012.0635>

pISSN:0374-8111, eISSN:2287-8815

© The Korean Society of Fishereis and Aquatic Science. All rights reserved

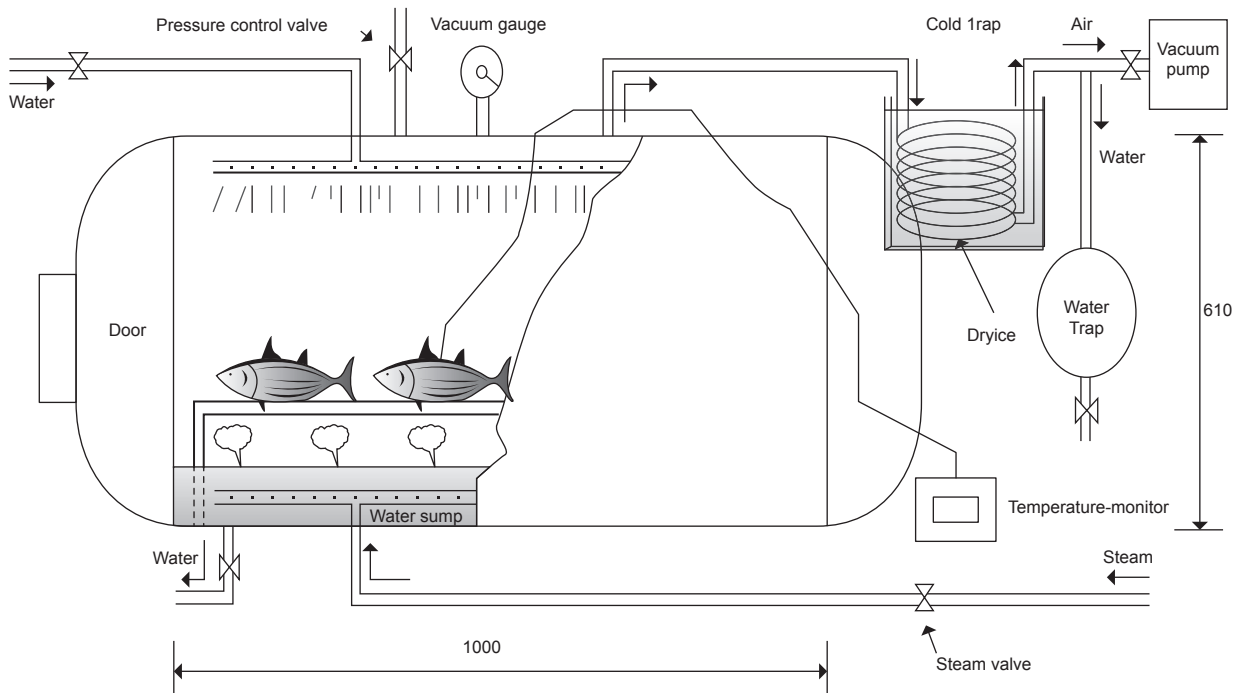


Fig. 1. Lay-out of vacuum thawing, steaming cooking and vacuum cooling system.

적용을 검토하였다.

재료 및 방법

재료

중량 2.5-3.0 kg의 가다랑어(*Katsuwonus pelamis*)를 동원 F&B 창원공장에서 구하여 -20℃의 냉동고에 보관하여 두고 원료로 사용하였다.

진공해동, 스팀자숙 및 진공냉각 장치 제작

실험에 사용한 진공해동, 스팀자숙 및 진공냉각 장치는 자체 제작하였고, 내부 체적은 300 L이고, 탱크와 진공 펌프 사이에 드라이아이스 응축기를 설치하였다. 탱크 하부에는 가열을 위한 증기 방출관을 설치하였고, 상부에는 물 분무를 위한 급수 라인을 설치하였다(Fig. 1).

해동

진공해동은 냉동 가다랑어를 선반 위에 놓고 표피, 중심 그리고 표피와 등뼈 사이에 온도 센서를 각각 설치한 후 20℃ (17 mmHg), 25℃ (23 mmHg), 30℃ (31 mmHg) 조건으로 압력과 온도를 유지하여 중심 품온이 -2℃에 도달하면 해동을 종료하였다. 침수해동은 어체 중량의 5배의 20℃ 수조에 침지하여

중심 품온이 -2℃에 도달하면 어체를 수조에서 들어냄으로써 해동을 종료하였다.

성분 분석

일반 성분은 AOAC 방법(1995)에 따라 수분은 상압가열 건조법, 조단백질은 semi-micro Kjeldahl법, 조회분은 건식회화법, 조지방은 Soxhlet법으로 측정하였다. 아미노태 질소와 휘발성 염기질소(VBN)는 각각 Formol법과 Conway unit를 이용한 미량확산법으로 각각 측정하였다(KFDA, 2012). 히스타민 함량은 Kose and Hall (2000)의 방법, K 값은 Kim et al. (1998)의 방법, 트리메틸아민(TMA, trimethylamine)은 Hashimoto and Okaichi (1957)의 방법에 따라 분석하였다. 생균수는 plate count agar (Difco Co., Detroit, MI, USA)로 35 ± 0.5℃에서 48 ± 2시간 배양한 후 CFU를 시료 1 g 당으로 환산하였다.

결과 및 고찰

가다랑어 육의 이화학적 성분

실험에 사용한 가다랑어의 수분과 조단백질은 각각 71.0%, 25.1%로 일반 어류에 비해 수분은 낮고 단백질은 다소 높은 경향을 나타내었고, 휘발성염기질소가 22.1 mg/100 g, 히스타민

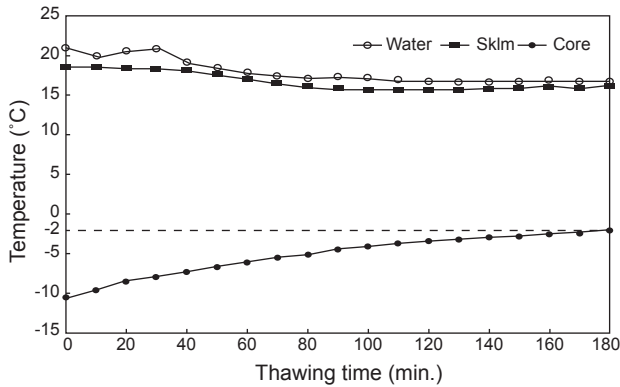


Fig. 2. Changes in temperatures of frozen skipjack tuna *Katsuwonus pelamis* during water immersion thawing at 20°C.

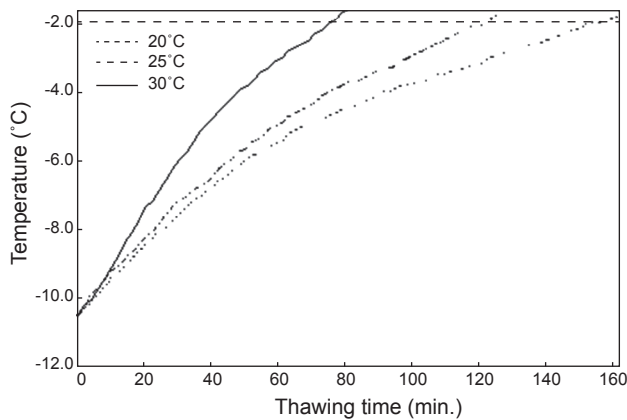


Fig. 3. Changes in core temperatures of frozen skipjack tuna *Katsuwonus pelamis* during vacuum thawing at 20°C (17 mmHg), 25°C (23 mmHg), and 30°C (31 mmHg).

함량이 0.81 mg/100 g, 일반세균이 2.0×10^2 CFU/g로 신선도가 양호하였다(Table 1).

해동 방법에 따른 해동 시간 변화

냉동 가다랑어의 중심 품온이 -10°C에서 -2°C로 상승하는 데 걸리는 시간은 20°C 침수해동의 경우는 180분, 진공해동의 경우는 20°C (17 mmHg)에서 75분, 25°C (23 mmHg)에서 60분, 30°C (31 mmHg)에서 37분이었다 (Fig. 2 and 3). 즉, 진공해동은 침수해동에 비하여 해동 시간이 58~80% 단축되었고 또한 해동 압력이 높을수록 해동 시간은 직선적으로 단축되는 경향을 나타내었다 (Fig. 4). 참치통조림 제조에 있어서 해동은 시작 공정으로 냉동된 원료의 품온을 -2~4°C까지 가능한 빠르고 균일하게 해동하는 것이 매우 중요하다. 최대 빙결정생성대 (-1~-5°C)를 짧은 시간에 통과시키면 육단백질의 변성, 미생물 증식, 효소 활성화 및 지방 산화 등의 품질 저하가 적게 일어나 품질 유지에 많은 도움이 된다. 해동 속도가 너무 빨라도 표피 온도의 급상승으로 인해 표피 육의 변질이 촉진될 수 있으

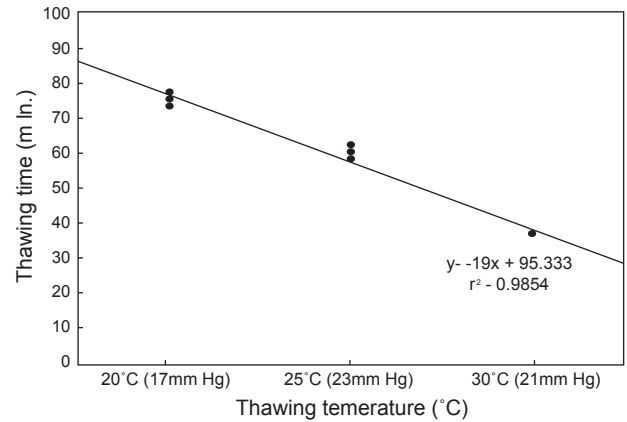


Fig. 4. Thawing time against thawing temperature of frozen skipjack tuna *Katsuwonus pelamis*.

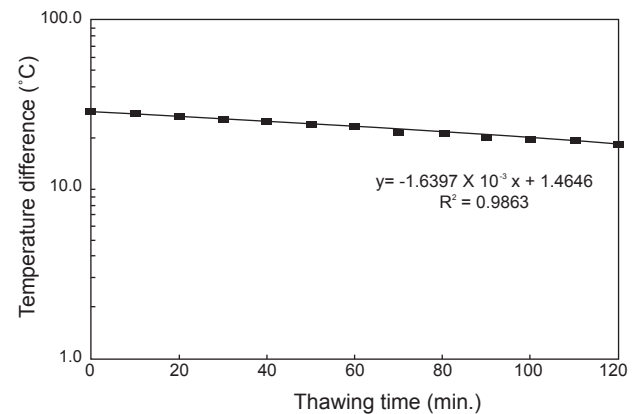


Fig. 5. Change in temperature difference between core and surface of frozen skipjack tuna *Katsuwonus pelamis* during water immersion thawing at 20°C.

Table 1. Chemical composition and viable cell counts of frozen skipjack tuna *Katsuwonus pelamis*

Components	Results ¹
Moisture (%)	71.0 ± 0.2
Crude protein (%)	25.1 ± 0.3
Crude lipid (%)	1.7 ± 0.2
Crude ash (%)	1.6 ± 0.1
pH	5.6 ± 0.0
VBN (mg/100 g)	22.1 ± 0.5
Histamine (mg/100 g)	0.8 ± 0.0
Viable cell (CFU/g)	2.0×10^2

¹ Mean ± standard deviation (n=5).

므로 표피 온도를 과도하게 상승시키지 않으면서 신속하게 해동시키는 것이 바람직하다. Everington (1971)은 냉동 쇠고기를 진공해동을 실시하였을 때 해동 시간은 해동 압력이 높을수

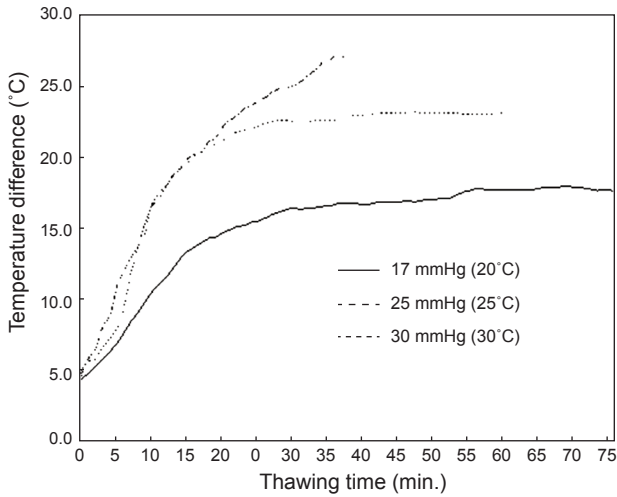


Fig. 6. Changes in temperature difference between core and skin of frozen skipjack tuna *Katsuwonus pelamis* during vacuum thawing at 17 mmHg, 23 mmHg and 31 mmHg.

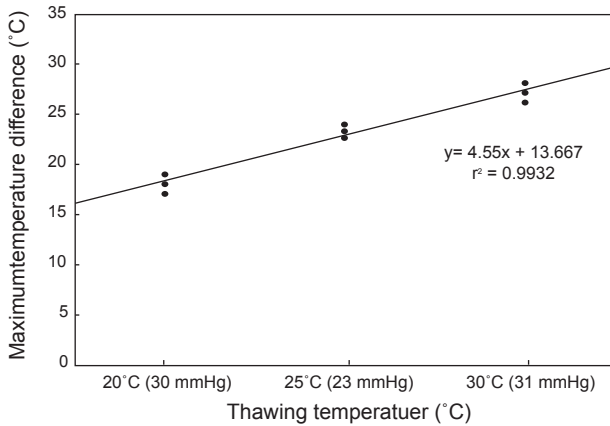


Fig. 7. Plot of maximum temperature difference between core and skin of frozen skipjack tuna *Katsuwonus pelamis* during vacuum thawing.

록 직선적으로 감소하였다고 보고하였다. 냉동 새우블록과 가자미블록, 냉동 조기 및 갈치 블록도 진공해동을 하면 유수해동, 송풍해동, 자연해동보다 해동 시간이 현격히 줄어들었다 (Jason, 2001; Kim et al., 2003).

해동 중 품질 변화

해동 과정에서 일어나는 부위별 온도 편차는 해동 후 육의 품질에 나쁜 영향을 미치므로 가능한 온도 편차가 적게 발생하도록 관리를 하여야 한다. 특히 과해동이 발생하면 해동 중에 표피가 다른 부위에 비하여 이화학적 변화 및 미생물 증식이 빠르게 진행되어 수율 감소와 품질 저하를 초래한다.

해동 중 중심과 표피의 온도 차이는 침수해동의 경우 해동 초

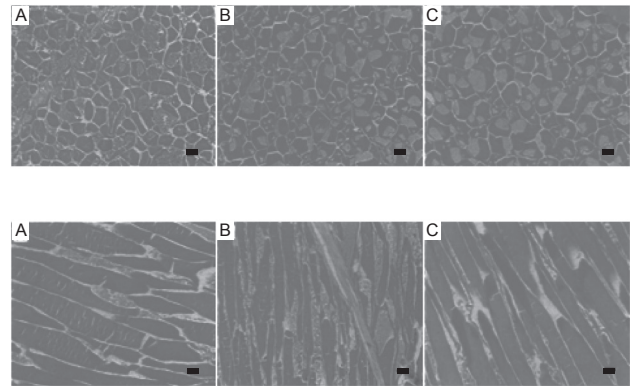


Fig. 8. Corss and longitudinal sections in dorsal muscle of skipjack tuna *Katsuwonus pelamis* after thawing.

- A: air thawing at room temperature
 - B: water immersion thawing at 20°C
 - C: vacuum thawing at 23 mmHg (25°C)
- Bars indicate 50 μm.

기에 29°C이었으나 그 후 지속적으로 감소하여 80분 경과시 18°C에 도달한 후 일정하게 유지하였다(Fig. 5). 침수해동의 초기에 온도 차이가 크게 나는 것은 해동과 동시에 표피의 온도가 해동수 온도까지 급상승하기 때문이다. 반면에 진공해동 중 온도 차이는 초기의 경우 5°C 정도로 작았으나 시간이 경과함에 따라 점차적으로 커져 최대 온도 차이는 17 mmHg에서 17°C, 23 mmHg에서 23°C, 31 mmHg에서 27°C로 해동 압력이 높을수록 비례적으로 커졌다 (Fig. 6, 7). 특히 31 mmHg 처리구의 경우 해동 시작 25분에 표피 온도가 20°C, 최대 온도 차이가 25°C로 표피가 부분적으로 과해동되어 육질이 다소 물러졌다. 반면에 17 mmHg와 23 mmHg에서는 연화 현상이 나타나지 않았고 균일하게 해동이 이루어 졌다. 즉, 침수해동에서 표피 온도는 해동 초기부터 물 온도 부근까지 상승하나, 20°C와 25°C 진공해동의 경우에는 해동 종료 시점에서의 온도가 탱크 내부 온도보다 2 - 3°C 정도 낮게 관리되어, 25°C 이하에서 진공해동을 실시하면 해동 전 과정을 거쳐 부분적인 과열에 의한 품질 저하는 일어나지 않는 것으로 판단되었다.

해동 중 생화학적 변화

가다랑어의 해동 전후 이화학적, 미생물학적 변화는 Table 2와 같다. pH와 히스타민 값은 해동 전후와 해동 방법에 따라 큰 차이가 없었다. 반면에 VBN, TMA, K값은 해동 전 각각 22.1 mg/100 g, 1.0 mg/100 g, 20.4%에서 진공해동 후 23.6 mg/100 g, 1.1 mg/100 g, 22.5%로 큰 변화가 없었으나, 침수해동 후에는 26.3 mg/100 g, 1.5 mg/100 g, 32.9%로 상승하였다. 따라서 진공 해동이 침수해동에 비하여 품질 저하가 적음을 알 수 있다. 또한 해동 방법 차이에 따른 가다랑어 세포 조직의 구조적인 변화를 파악하기 위하여 자연해동, 침수해동 및

Table 2. Changes in biochemical characterization and viable cell counts of skipjack tuna *Katsuwonus pelamis* before and after thawing

Components	Before thawing	After thawing	
		Vacuum ¹	Water immersion
pH	5.6 ± 0.0 ²	5.6 ± 0.0	5.7 ± 0.0
VBN (mg/100 g)	22.1 ± 0.5	23.6 ± 0.4	26.3 ± 0.6
Histamine (mg/100 g)	0.8 ± 0.0	0.8 ± 0.0	0.9 ± 0.0
TMA (mg%)	1.0 ± 0.1	1.1 ± 0.0	1.5 ± 0.1
K value (%)	20.4 ± 0.2	22.5 ± 0.3	32.9 ± 0.5
Viable cell (CFU/g)	2.0 × 10 ²	3.2 × 10 ²	2.5 × 10 ³

¹Vacuum thawing condition: 23 mmHg/25 °C.

²Mean ± standard deviation (n=5)

진공해동(23 mmHg/25 °C)한 후 근육 조직을 현미경으로 촬영하여 비교하였다(Fig. 8). 머리에서 꼬리 방향의 종축 절단면과 횡축 절단면 모두 실온 자연해동에서 근육 세포의 파괴가 가장 많이 일어났으며, 다음으로 침수해동, 진공해동의 순이었다.

Crepey and Han-Ching (1979)은 해동 중에도 미생물의 증식은 일어나므로 해동은 가능한 단시간에 실시하는 것이 바람직하고, 이러한 목적에 가장 적합한 방법은 진공해동이라고 하였다. 본 실험에서도 진공해동이 침수해동에 비하여 해동시간이 단축되고, 중심 온도와 표피 온도 간에 차이가 적으며 해동과정에서 발생하는 생화학적, 미생물적인 변화가 적은 것으로 미루어 볼 때 참치 통조림 제조를 위한 냉동 가다랑어의 해동공정으로 진공 해동이 침수 해동보다 적절함을 알 수 있었다.

사 사

이 논문은 2012년 군산대학교 수산과학연구소 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음

참고문헌

- Altringham T and Block B. 1997. Why do tuna maintain elevated slow muscle temperature? Power output of muscle temperature? Power output of muscle temperature isolated from endothermic and ectothermic fish. *J Exp Bio* 200, 2617-2627.
- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC., USA, 69-74.
- Brown WD, Finch R, Kwon TW, Olcott HS and Schaefer MB. 1967. Relation of quality of canned yellowfin tuna to length of fish, time of holding on deck, frozen storage aboard vessel, and biochemical variables. *Fishery Ind Res* 4, 1-21.
- Crawford L, Irwin EJ, Spinelli J and Brown WD. 1970. Pre-mortem stress and postmortem biochemical changes in skipjack tuna and their relation to quality of the canned product. *J Food Sci* 35, 849-851.
- Crepey JR and Han-Ching L. 1979. Progress in thawing of seafoods. Quality of thawed products. *Peche Maritime* 58, 747-751.
- Everington DW. 1971. Thawing of frozen foodstuffs. *Chemistry and Industry*, 973-978.
- Hashimoto Y and Okaichi T. 1957. On the determination of TMA and TMAO. A modification of dyer method. *Bull Jpn Soc Sci Fish* 23, 269-272.
- Jason AC. 2001. Thawing frozen fish. Torry advisory note No. 25, Torry Research Station, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food.
- KFDA (Korea Food and Drug Administration). 2012. In: Food code. KFDA, Seoul, Korea. 10-1-13 and 5-11-1.
- Kim DK, Park IS and Im NS. 1998. Determination of chemical freshness indices for chilled and frozen fish. *Korean J Food Sci Technol* 30, 993-999.
- Kim SG, Park YS, Choi HG, Lee JH and Kim KK. 2003. A study on the combined equipment for the pre-cooling and the thawing using the low temperature vacuum system. *J Kor Soc Mar Eng* 27, 280-288.
- Kose S and Hall G. 2000. Modification of a colorimetric method for histamine analysis in fish meal. *Food Res Int* 33, 839-845.
- Zhang J, Farkas BE and Hale SA. 2001. Thermal properties of skipjack tuna. *Int J Food Prop* 41, 81-90.