



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

工學碩士 學位論文

고주파 해동이 동결 어류의
물리화학적 특성에 미치는 영향

2016年 8月

釜慶大學校 大學院

食 品 工 學 科

徐 泰 龍

工學碩士 學位論文

고주파 해동이 동결 어류의
물리화학적 특성에 미치는 영향

指導教授 趙 永 濟

이 論文을 工學碩士 學位論文으로 提出함

2016年 8月

釜慶大學校 大學院

食 品 工 學 科

徐 泰 龍

목 차

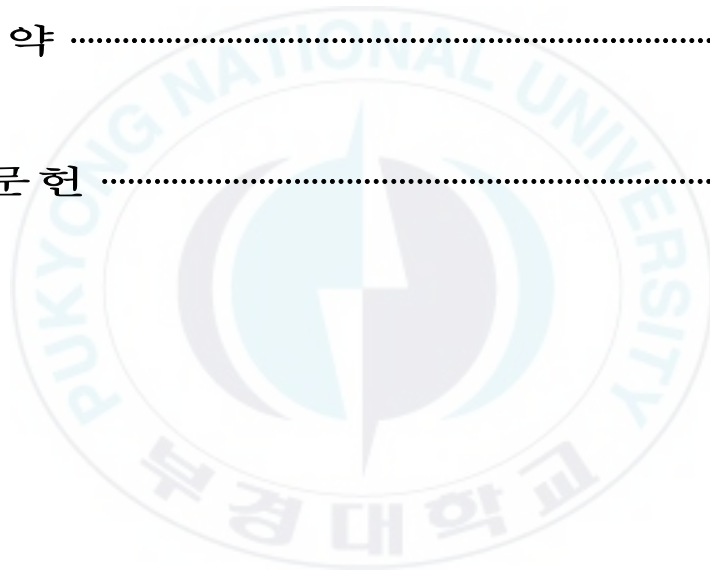
Abstract	1
서 론	3
재료 및 방법	6
1. 실험재료 및 시약	6
1. 1. 국내 주요 소비어종	6
2. 실험방법	6
2. 1. 온도변화 및 온도분포도	6
2. 2. 보수력	7
2. 3. Drip loss	7
2. 4. 함질소 엑스분	7
2. 5. 생균수 및 대장균수	8
2. 6. 산가, 과산화물가	8
2. 7. 휘발성 염기질소	8
2. 8. 통계처리	9

결과 및 고찰	10
---------------	----

1. 자연해동으로 해동된 어류의 품질평가	10
2. 고주파해동으로 해동된 어류의 품질평가	24
3. 해동어류의 품질유지를 위한 포장법 개발	42
4. 고주파해동을 실시한 어류의 재동결에 의한 품질변화	55

요 약	63
-----------	----

참고문헌	68
------------	----



Effects of Radio Frequency Thawing on the Physicochemical Properties of Frozen Fisheries Products

Tae-ryong Seo

Department of Food Science and Technology, Graduate School,
Pukyong National University

Abstract

Freezing is one of the most important preservation technologies, especially for marine fishes because of their high susceptibility to spoilage. Thawing is a common and essential part of frozen fishery products for processing as food material. But inappropriate thawing process affects the texture and taste of fish muscle. Radio frequency thawing (RFT) is a new technology that provides uniform thawing to the entire part of the frozen product using frictional heat by rotation-vibration motion among the molecules. The movement of the energy is provided by the electro-magnetic wave in a conductor. This is known as a high speed and high quality thawing method comparing to conventional natural thawing (NT). But there is very limited research work has been done for using RFT to apply in frozen fish

processing. The objective of this study was to measure and evaluate the advantage and quality parameters of RFT compared with NT on commonly consumed marine fishery products in Korea namely: Spanish mackerel (*Scomberomorus niphonius*), mackerel (*Scomber japonicus*), Alaska pollock (*Gadus chalcogramus*, formerly *Theragra chalcogramma*), croceine croaker (*Larimichthys crocea*) and squid (*Doryteuthis bleekeri*). Different physico-chemical and biological parameters such as temperature change, water holding capacity, drip loss, extractive-nitrogen, viable cell count, coliform count, acid value and peroxide value of RFT and NT treated samples were measured. Thawing time at appropriate temperature was 2 ~ 3 hours in RFT where as it was 24 hours in NT. Expressible drip loss was $2.25 \pm 1.06\%$ and $4.42 \pm 1.80\%$ by RFT and NT respectively. RFT showed higher values of extractive-nitrogen content of 392.16 ± 42.10 mg/100 g than NT of 315.30 ± 42.07 mg/100 g. Viable cell and coli form were counted 10^2 CFU/g to 10^4 CFU/g and 10^2 CFU/g in case of RFT whereas the values were 10^3 CFU/g to 10^5 CFU/g and 10^4 CFU/g in case of NT products. The acid value and peroxide values were found 7.89 ± 4.78 mg KOH/g and 14.04 ± 3.71 meq/kg, 9.86 ± 4.52 mg KOH/g and 27.87 ± 5.56 meq/kg for RFT and NT respectively. This result demonstrated higher thawing quality of RFT than NT. So, RFT is expected to play a major role in thawing frozen fish for high quality fishery products development.

서론

식품을 보관하는 방법에는 건조, 염장, 훈제, 냉동, 냉장 등이 있다. 그 중 수산식품류에서 가장 널리 사용되는 방법은 냉동이다. 냉동은 기존에 사용되어오던 건조, 염장, 훈제와 비교하여 식품의 상태를 거의 변화시키지 않는 상태에서 보관이 가능하며, 냉장과 비교하여 더 장기간의 보관이 가능하다는 장점을 가지고 있다.¹⁾ 이러한 냉동의 장점으로 인하여 냉동상태로 유통되는 수산물의 비중은 점점 늘어나는 추세이다. 수산식품은 농산품과 비교하여 소비지와 생산지의 거리가 멀어 운송비용과 시간적인 소모가 크고, 수분의 함유량이 높아 변질되기 쉬운 특징을 가지고 있다. 따라서 생산된 수산물을 소비, 가공시키기 위해서는 생산된 품질을 최대한 보존하면서 장거리를 장시간 운반할 수 있는 보존기술이 필요하며 이 중에서도 냉동은 이러한 요건을 충족시키는데 최선의 방법이라 할 것이다. 이러한 냉동의 장점은 현대의 수산물 운송에서 가장 높은 비율을 가지게 되는 이유라 할 수 있겠다. 하지만 냉동된 식품을 섭취, 가공하기 위해서는 식품의 상태를 냉동전의 상태로 만들기 위한 해동과정을 거쳐야 한다.²⁾ 어류의 해동과정에서 빙결정의 해동으로 인하여 식품내의 자유수의 유출과정에서 정미성분의 아미노산과 수용성 비타민이 식품외부로 유출되게 된다.³⁾⁴⁾ 이로 인해 해동전의 상태와 비교하여 품질이 떨어지게 되므로, 냉동식품의 이용은 식품의 동결처리 뿐만 아니라 해동과정도 중요한 작용을 한다 할 수 있겠다.

고주파 해동은 흔히 전자레인지라고 불리우는 마이크로웨이브를 이용한 해동과 흡사한 성질을 가지고 있다.⁵⁾ 전자파 주사장치에서 나온 고주파파장에너지는 식품의 수분을 전자적으로 흥분상태로 만들게 된다. 이러한 과정에서 식품내의 물분자는 진동, 회전운동을 실시하게 된다. 식품내의 물 분자들 사이에서 일어나는 회전운동은 각 분자들간의 충돌을 일으

키고 이러한 충돌과정에서 마찰력이 발생한다. 이렇게 발생한 마찰력에 의하여 식품에 해동이 진행되게 된다.⁶⁾ 기존의 마이크로웨이브를 이용한 방법과의 차이점은 사용하는 파장의 길이라고 할 것이다.⁷⁾ 기존의 마이크로웨이브 오븐은 0.1m ~ 1 m, 길이의 파장을 사용하는데 비해 고주파 해동기기는 10 m ~ 100 m 의 장파장을 사용한다. 침투력은 파장의 길이에 비례하는 성질을 가지고 있다⁸⁾. 따라서 고주파해동기기는 기존의 마이크로웨이브 오븐과 비교하여 더 높은 침투력을 가지고 있으므로 식품의 두께에 대한 영향을 더 적게 받을 수 있다는 장점을 가지고 있다. 고주파해동은 산업적으로 사용하는 자연해동보다 식품보존적인 측면에서 더 높은 효과를 보이고 있다. 이는 동결의 성질 때문에 일어나는 현상인데, $-1^{\circ}\text{C} \sim -5^{\circ}\text{C}$ 구간을 잠열부라고 하여 식품이 중점적으로 녹거나 어는 온도대이며, 이 구간은 해동시간이 동결시간의 두 배 정도 소요된다.⁹⁾ 이러한 현상이 발생하는 것은, 식품이 동결될시 동결전의 상태보다 열 전달률이 4 배 가량 증가하기 때문이다. 외부의 냉기를 이용하여 동결이 진행될때는 식품의 표면부터 얼기 시작하므로 열의 전도가 좋아져서 냉열이 빠르게 식품내로 전도된다. 하지만 자연해동을 비롯한 대다수의 해동방법은 냉동과 마찬가지로 표면에서 부터의 열전도를 이용한 해동을 사용하므로 냉동식품의 두께에 영향을 많이 받으며, 식품의 중심부와 표면의 온도차이가 발생하게 된다.¹⁰⁾ 이러한 불균일한 식품의 상태는 식품가공공정상에서 처리효율을 떨어트리는 문제를 일으킨다. 고주파해동은 파장을 이용한 해동방법을 사용하므로 식품내부의 온도평형을 유지하는데 유리하며 기존의 마이크로웨이브 오븐보다 물분자의 과열현상이 적어 장기간의 해동공정에서도 물의 과열현상에서 상대적으로 유리하다는 장점을 가지고 있다.¹¹⁾

본 논문은 고주파 해동기기를 이용한 냉동식품의 해동의 산업적 이용에

서 장점을 확인하는 것을 그 목적으로 하였다. 기존의 산업적 해동방법인 자연해동과 고주파해동기기를 이용한 해동을 통해 각각 해동한 어류의 품질을 비교한다. 또한 해동시킨 어류의 품질이 유지되는 기간과 고주파해동을 통해 해동한 수산어류에 대한 최적의 포장방법을 확인하기 위하여 해동완료시점에서부터 시간의 흐름에 따라 변화하는 어류의 품질을 확인하였다. 또한 해동완료후 재동결 및 재해동 시킨 어류의 품질변화를 측정하여 산업적으로 사용하고 남은 잉여자원이 산업폐기물이 되어 환경과 경제성에 악영향을¹²⁾ 미치지 않도록 사용한 어류에 대한 재사용가능성을 확인하였다.



재료 및 방법

1. 실험재료

1. 1. 국내 주요 소비어종

실험에 사용한 냉동어류는 부산시 사하구 소재의 냉동창고에서 구매하였다. 실험에 사용한 어종은 고등어, 삼치, 명태, 부세, 오징어 인데 이는 국내에서 주로 유통되는 5개 어종이다.¹³⁾ 이들 어류의 냉동포장블록은 20 kg (부세제외)의 형태로 동결되어 있으며 포장재질은 폴리에틸렌수지와 종이박스이다. 실험에 사용한 각 어종의 크기는 국내 수산물 위판장에서 가장 많이 유통되는 형태를 사용하였다.¹⁴⁾ 즉, 고등어는 700 g의 제품을 구매하였으며, 삼치는 1 kg 형태, 명태는 1 kg, 부세는 5 kg 무게의 2층 형태의 시료를 부산 공동어시장에서 구매하여 실험에 사용하였다.

2. 실험방법

2. 1. 온도변화측정 및 온도분포도

표면과 심부의 온도를 측정하여 심부의 온도가 0℃가 되는 지점을 해동완료 시점으로 하였으며, 각 부위별로 온도의 편차를 병행하여 표기하였다. 또한 해동완료 시점의 동결블록의 각각의 어체의 위치별로 온도를 측정하였고, 어체의 부위별로 따로 측정하여 평균값을 사용하였다. 온도측정은 전자식 온도측정기(GTDL-620, 그린테크, 한국)를 사용하여 측정하였다.

2. 2. 보수력 측정

5 g 으로 절단한 시료를 98℃ 의 Water bath에서 30분간 가열한 후 원심분리기를 사용하여 4000 rpm에서 30 분 간 원심분리하여 수분을 제거하였다. 표준식품성분분석표¹⁵⁾ 에서 나타난 어종별 수분함량에 따라 다음의 계산식으로 계산하였다.

$$\text{WHC} (\%) = \frac{\text{해동 전 시료무게(g)} \times \text{시료의 수분의 함량(\%)} - \text{이탈된 수분의 무게(g)}}{\text{해동 전 시료무게(g)}/100}$$

2. 3. 드립생성량 측정

해동후의 시료를 1 × 1 cm 의 크기로 절단하여 흡습지 사이에 놓아둔 후 1 kg 의 무게의 추로 가압하여 흡습지 무게의 전후 차이를 통해 유리되어 어체의 육에서 빠져나온 드립의 함량을 측정하였다.

$$\text{Drip} (\%) = \frac{\text{해동 전 시료무게(g)} - \text{해동 후 시료무게(g)}}{\text{해동 전 시료무게(g)}/100}$$

2. 4. 함질소 엑스분 함량 측정

시료 5 g 에 20% TCA(Trichloroacetic acid) 20 mL를 원심관에 시료와 함께 넣고 균질혼합기(Polytron, Kinematica AG, 스위스) 로 시료가 골고루 분쇄되도록 한 후 원심분리기를 통해 3000 rpm 에서 10 분간 원심 분리하여 나온 액 10 mL를 뽑아 Semimicro Kjeldahl 법(AOAC, 199

5)¹⁶⁾으로 측정하였다.

$$\text{함질소 엑스분 (mg/100 g)} = \frac{(\text{적정량} - \text{공실험적정량(mL)}) \times 0.0014 \times 20 \text{ mL} \times 1000 \times 100}{\text{시료무게(g)} \times 10 \text{ mL}}$$

2. 5. 생균수, 대장균수 측정

채취한 시료육에 희석액을 가해 균질화 한 것을 시험용액으로 하여 단계별로 희석한 희석액 1 mL를 세균수 건조필름배지(3M petrifilm)에 접종한 후 $35 \pm 2^\circ\text{C}$ 에서 48 시간 배양한 후 붉은 집락수를 측정하였다.

2. 6. 산가, 과산화물가

시료는 가식부위를 채취한 어체를 균질혼합기(Polytron, Kinematica AG, 스위스)로 마쇄한 후 5 배량의 Chloroform : methanol (2:1 v/v) 용액으로 추출하였다.¹⁷⁾ 이후 추출한 지질로 산가, 과산화물가(AOAC, 1995)를 측정하였다.

2. 7. 휘발성 염기질소

휘발성 염기질소 함량은 Conway unit 을 사용하는 미량확산법(日本厚生省, 1960)¹⁸⁾에 의하여 진행하였다. Conway unit 확산기의 외실에 전처리한 시료 1 mL 와 반대편 외실에 포화 K_2CO_3 용액을 1 mL 씩 각각 넣고 내실에 0.01 N H_2BO_3 용액을 1 mL 넣은 후, 혼합지시약을 가한다. 37°C 에 80 분간 반응시킨 후 0.005 M H_2SO_4 표준용액을 이용하여 적정한다. 핑크색으로 변할 때를 종말점으로 한다.

2. 8. 통계분석

각 항목별 구해진 0차 회귀방정식의 상관관계를 SAS (Statistical Analysis System) 통계 프로그램으로 각각의 결과에 대한 ANOVA test 를 이용하여 분산분석한 후 평균 및 표준편차를 구하고, Duncan 의 다중 비교 (Duncan's multiple range test) 로 $P < 0.05$ 유의수준에서 유의 차 검정을 실시하였다.



결과 및 고찰

1. 자연해동을 통한 해동된 어류의 품질평가

1. 1. 해동시간에 따른 온도변화 및 해동완료 시점에서의 블록내 어체의 온도분포도

일반적인 경우 국내의 냉동어류는 유통과 저장의 효율성을 위하여, 개체의 크기와 관계없이 일정 중량의 블록형태의 포장을 실시하고 있다. 따라서 본 실험에서도 산업적으로 많이 유통되는 형태인 고등어, 삼치, 명태, 오징어 20 kg 과 부세 5 kg 의 블록을 각각 이용하여 해동하였다. 이 때, 본 실험에서는 해동어류 개체의 크기가 고등어 300 g, 삼치 1 kg, 명태 1 kg, 오징어 700 g, 부세 300 g 의 것을 사용하였다.

온도측정은 시료의 중심부에서 같은 단층에 존재하는 3개의 부위에 온도를 측정하였으며, 측정주기는 10분 간격으로 측정하였다.

자연해동의 경우 산업체에서 흔히 사용되는 24시간 해동을 이용하였다. 실내의 기온을 18℃로 일정하게 유지한 공간에서 바닥으로부터 1 m 높이의 선반에 두어 어종의 온도변화를 데이터로거를 이용하여 기록 및 관찰하였다.

대부분의 어종에서 24 시간 내에서 해동이 완료되었다. 부세의 경우 사용한 어체블록의 무게(5 kg)가 그 외의 어종의 어체블록의 무게(20 kg)보다 가벼웠기 때문에 해동하는데 시간이 적게 걸린 것으로 판단한다.

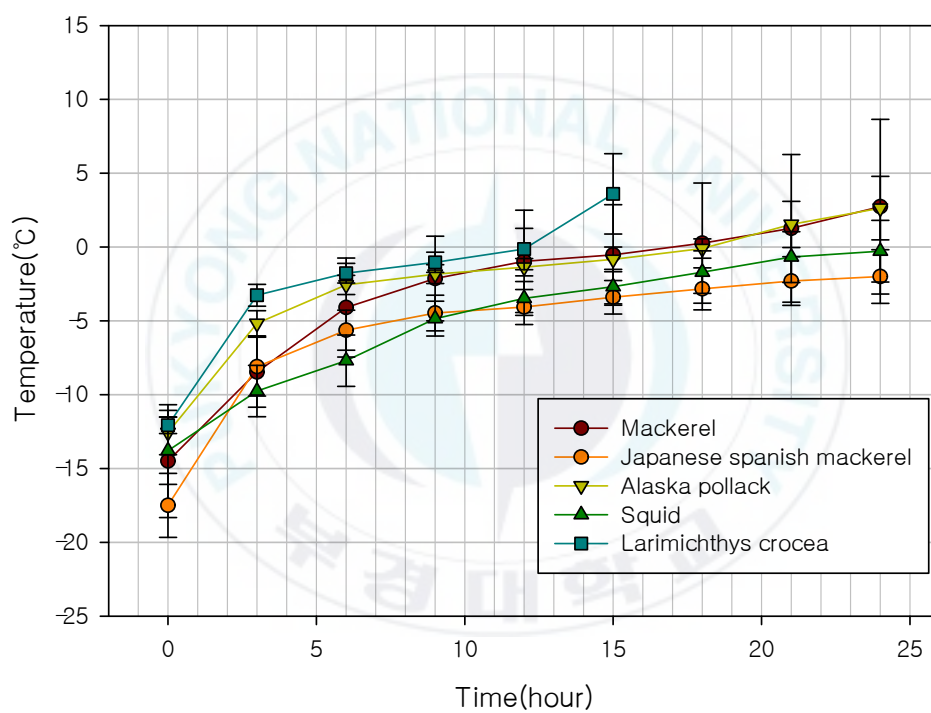


Fig. 1. Changes of temperature of frozen fisheries products by natural thawing.

1. 2. 해동완료 시점에서의 해동어류 에서의 Drip 발생량

동결식품을 해동하면 빙결정이 녹아서 수분이 생성되고 이 수분이 동결 전의 상태로 육질에 흡수되지 못할 경우 어체 외부로 유출되게 되는데 이 때의 수분을 Drip 이라 한다. 이러한 Drip 내부에는 수분 이외에도 수용성 단백질, 엑스분, 염류, 비타민 등의 수용성 성분이 함께 유출되므로 맛과 영양분의 손실이 발생하게 된다. Drip 에는 해동시 수분이 자연적으로 밖으로 빠져나와 생성되는 유출드립과 유출드립이 빠져나온 후 1 ~ 2 kg/cm²의 압력을 가할 때 본질적 복원이 되지 못한 수분이 밖으로 흘러나오는 압출드립¹⁹⁾으로 나뉜다.

자연해동한 고등어에서의 유출드립 발생량은 8.0%로 나타났다. 명태의 경우 10.0%, 삼치는 9.5%, 부세는 5.3%, 오징어는 11.0% 으로 나타났다. 어종별 드립의 발생량은 어종별 가식부에서 수분함량에 비례하는 경향을 보였다. 자연해동한 고등어의 압출드립 발생량은 $7.09 \pm 1.13\%$, 명태는 $3.70 \pm 0.46\%$, 삼치는 $3.68 \pm 0.19\%$, 부세는 $3.20 \pm 0.43\%$, 오징어는 8.42% 로 나타났다.

Drip의 발생은 근육조직의 pH 감소²⁰⁾와 육단백질 변성에 의한 보수력²¹⁾의 감소가 나타나게 되어 제품의 품질을 떨어트리게 된다. 따라서 Drip 발생량 측면에서 자연해동은 제품의 품질저하가 발생하였다고 판단할 수 있다.

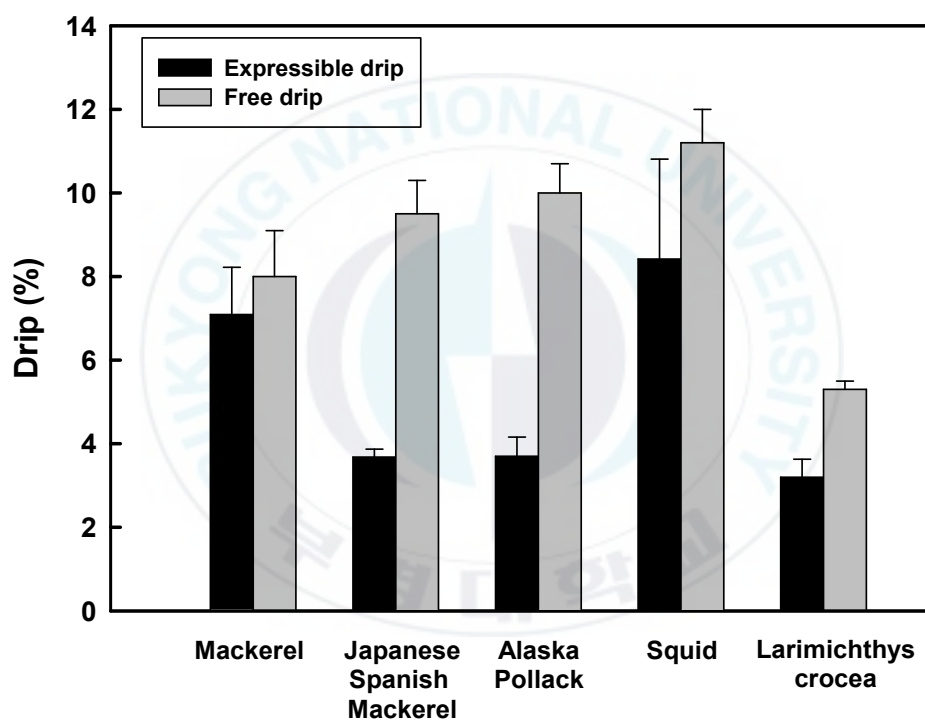


Fig. 2. The comparison of drip loss on the thawed fishery products by natural thawing.

1. 3. 자연해동으로 해동한 해동어류에서의 보수력(Water Holding Capacity)

보수력은 어류 내에 존재하는 결합수의 단백질과의 결합정도를 나타내는 수치이다. 식품내에 존재하는 수분은 수분상태 그대로 존재하는 자유수와 Carboxyl 기 혹은 Amino 기와 이온결합형태로 존재하는 결합수로 나뉘게 된다. 일반적으로 동결중에 생성되는 빙결정 등으로 인하여 조직이 파괴되면 결합력이 감소하게 된다.²²⁾ 이 때 식품내 물질과 단분자층을 이루고 있는 결합수 또한 함께 감소하게 된다. 냉동식품이 해동된 후 원래의 조직상태로 돌아가려고 하는 현상을 조직복원력이라 부르는데, 이러한 결합수들은 자유수와는 달리 해동이 완료된 시점에서 외부에서 수분이 공급되더라도 원래의 결합형태로 복원되지는 않는 특징을 가지고 있다. 이러한 현상으로 인해 결합수의 감소는 영구적인 식품내 수분손실을 야기하게 된다.²³⁾ 따라서 해동 완료시점에서 보수력이 높을수록 조직의 손상이 적은 원료라고 판단 할 수 있다.

자연해동한 고등어의 보수력은 $52.18 \pm 5.26\%$ 이며, 명태는 $60.62 \pm 1.58\%$, 삼치는 $53.03 \pm 2.04\%$, 부세 $60.21 \pm 1.73\%$, 오징어 $47.24 \pm 1.43\%$ 로 나타났다. 오징어가 다른 어종보다 더 적은 수치가 나타났는데 이는 오징어 자체의 수분함량이 다른 어종보다 더 높아 보수력 감소도 더 크게 나타난 것으로 사료된다.

자연해동을 통해 해동한 어체의 보수력은 약 50% 로 적은 것을 확인할 수 있다. 보수력은 식품내 조직의 결합상태의 복원능력과 비례하는 수치이므로 자연해동을 통해 해동한 어체에서 품질저하가 나타났다고 판단할 수 있다.

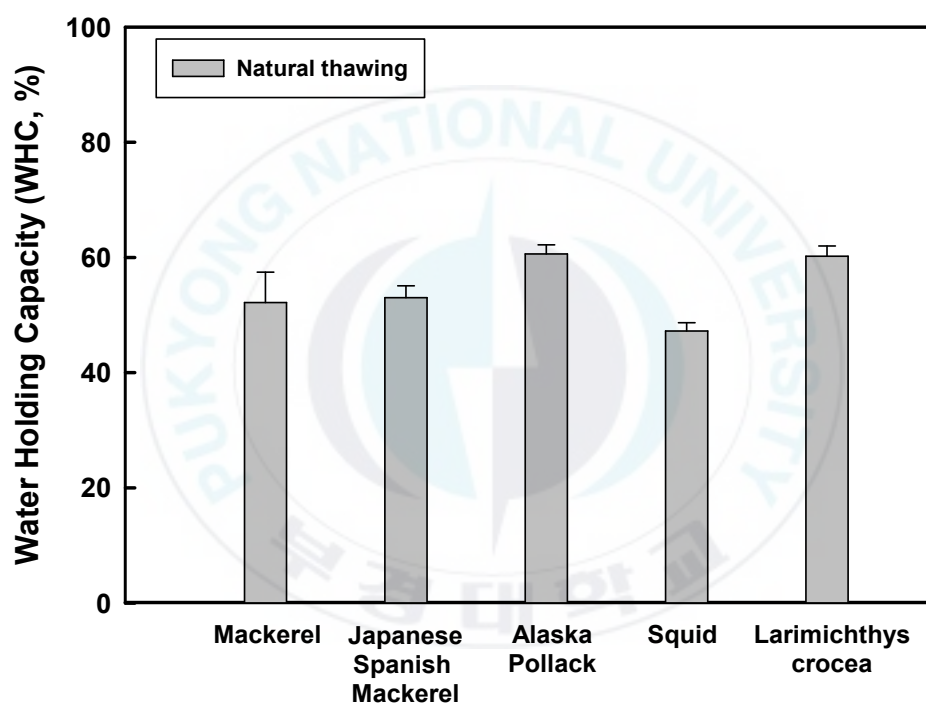


Fig. 3. The comparison of water holding capacity on the thawed fishery products by natural thawing.

1. 4. 자연해동으로 해동한 해동어류 에서의 함질소 엑스분 (Extractive Nitrogen)

함질소 엑스분은 식품내의 정미를 나타내는 지표로써 사용되는 물질이다.²⁴⁾ 일반적으로 함량이 높을수록 맛이 좋은 것으로 알려져 있다²⁵⁾ 이러한 어류의 주요한 정미성분인 함질소 엑스분의 경우 수용성 성질을 가지고 있다. 식품의 동결시에 식품내부의 수분이 빙결정의 형태로 얼어 존재하다 식품이 냉동된 후 해동될 경우 식품외부로 유출된다. 엑스분이 드립에 혼입되어 식품외부로 함께 유출되게 된다.²⁶⁾ 결과적으로 식품외부로 유출되는 함질소 엑스분의 량이 증가할수록 식품내부에 존재하는 정미성분의 량은 감소하게 되고 이로 인해 식품성분의 객관적인 풍미수치는 감소하게 된다. 본 실험에서는 자연해동을 통하여 해동완료한 어류내의 가식부위에 잔류하는 함질소 엑스분 함량을 측정하였다. 그 결과, 자연해동한 고등어의 함질소 엑스분 함량은 364.27 ± 5.12 mg/100 g, 명태는 314.81 ± 21.85 mg/100 g, 삼치는 320.51 ± 2.28 mg/100 g, 부세는 229.22 ± 1.68 mg/100 g, 오징어는 255.01 ± 26.79 mg/100 g 으로 나타났다.

함질소 엑스분은 식품의 정미성분으로 드립유출시 함께 유출될 경우 결과적으로 식품의 품질은 감소한다고 할 수 있을 것이다. 따라서 자연해동을 통해 해동한 어류의 경우 해동과정에서 식품의 품질이 감소되었다고 판단할 수 있다.

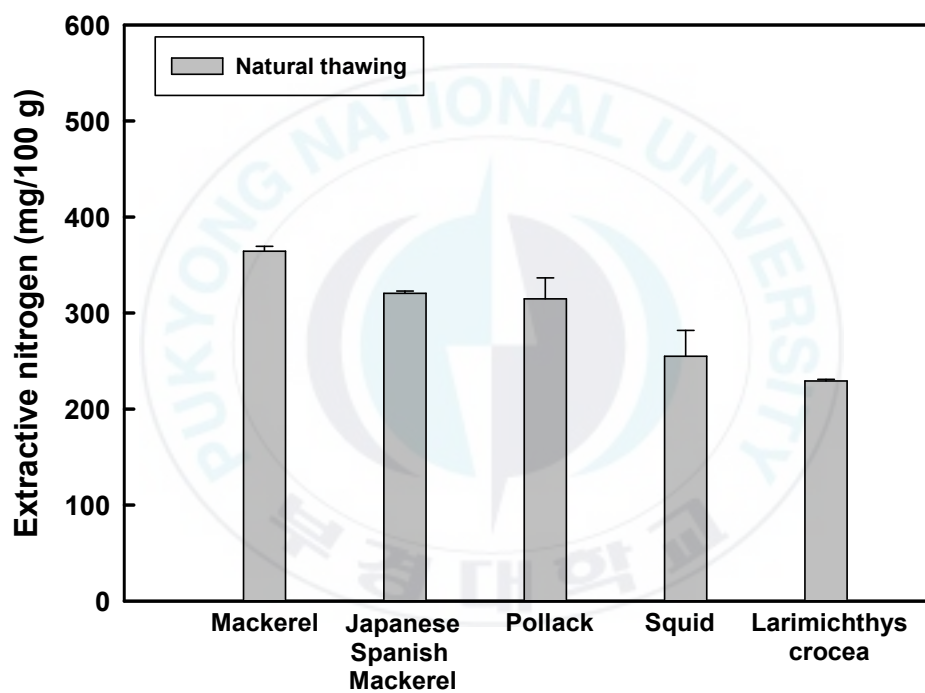


Fig. 4. The comparison of extractive nitrogen on the thawed fishery products by natural thawing.

1. 5. 자연해동으로 해동한 해동어류 에서의 일반세균수 및 대장균수 측정

생균수는 식품의 미생물 오염을 판별하는 방법으로써 식품중에 존재하는 미생물의 균락수를 통해 상대적인 미생물 오염정도를 판별하는 기준으로 사용된다. 따라서 생균수 측정결과 균 집락의 숫자가 더 많을 경우 미생물의 오염이 더 진행되었다고 판단할 수 있다. 국내에서는 생균수의 경우 10^5 CFU/g 이하가 되어야 하며 대장균군은 10 CFU/g 이하가 되어야 판매가 가능한 것으로 규정되어있다.²⁷⁾ 대장균은 식품학적으로 사용되는 식품내 미생물 오염판단을 위한 오염지표세균으로써 식품중에 존재할 경우 식중독균에 식품이 노출되었을 가능성이 있다고 판단한다.

자연해동을 실시한 고등어의 일반세균수는 2.82×10^5 CFU/g, 명태는 1.05×10^3 CFU/g, 삼치는 1.67×10^4 CFU/g, 부세는 1.61×10^5 CFU/g, 오징어는 3.10×10^3 CFU/g로 나타났다. 대장균수는 고등어 3.60×10^4 CFU/g, 삼치 8.20×10^3 CFU/g, 부세 2.51×10^3 CFU/g, 으로 나타났으며 명태와 오징어에서는 대장균이 검출되지 않았다. 냉동상태의 식품에서는 표면에 클레이징이 되어있기 때문에 미생물이 증식하기 어려운 환경이나 일반세균의 경우 해동 과정에서 미생물들이 농축된 세포 외액에 노출되며 삼투압에 의해 일부 사멸될 수 있으나 해동과정에서 어체의 온도가 올라가고 근육조직이 부드러워 지는 과정에서 영양이 공급되어 일반세균수는 증가하게 된다. 특히, 본 실험에서 실시한 자연해동은 24 시간의 시간이 소요되었는데 긴 시간 동안 조직이 녹으면서 어체 내장기관에 존재하던 세균이 증식한 것으로 판단한다.²⁸⁾

대장균의 경우 어체의 내장기관에 서식하는데 Food chain을 통해 수산동물의 장관에 자리잡으며 대부분의 경우 비병원성이지만 일부는 질병을 유발하거나 병원성 세균에게 내성 유전자를 전달할 수 있기 때문에 임상

적인 문제를 야기할 수도 있다.²⁹⁾ 이러한 대장균은 동결상태에서는 휴면 상태로 존재하나 해동과정에서 증식하게 된다. 자연해동의 경우 해동시간이 길어 대장균의 증식할 시간이 많아 체내에 존재하는 대장균의 수 또한 많아지게 된다.³⁰⁾

일반세균과 대장균의 증식은 식품위생을 크게 저하시키는 요소이므로 자연해동과정에서 식품의 위생적인 품질은 크게 저하되었다고 판단할 수 있다.



Table 1. The comparison of viable cell count and *E. coli* on the thawed fisheries products by natural thawing.

	Unit: CFU/g				
	Mackerel	Japanese spanish mackerel	Alaska pollack	Squid	Larimichthys crocea
Viable cell	2.82×10^5	1.67×10^4	1.05×10^3	3.10×10^3	1.61×10^5
<i>E. coli</i>	3.60×10^4	8.20×10^3	ND	ND	2.51×10^3

1. 6. 자연해동으로 해동한 해동어류 에서의 산가, 과산화물가 측정

어류는 식품 중에서 불포화지방산이 높아 공기에 의한 산화가 일어나기 쉽고³¹⁾ 산화과정에서 생성된 과산화물이 산화 분해 분합반응을 일으키면 식품에서 각종 악취와 위해물질이 생성되어 식품의 풍미를 떨어뜨리고 노화와 각종 암의 원인이 될 수 있다.³²⁾³³⁾ 이러한 식품의 산패를 측정하는 실험은 대표적으로 산가와 과산화물가 측정법이 있다.

유지가 산패되면 유지내의 유리지방산의 함량이 증가하게 된다. 이 과정에서 식품의 산성도는 증가하게 되고 이러한 산성도를 측정하여 수치화 시킴으로써 유지의 산패정도를 비교할 수 있도록 하는 실험을 산가 라고 부른다. 과산화물가는 유지의 초기 단계에서 증가하는 과산화물의 함량을 측정하는 실험법으로 초기산패를 정확히 수치화시켜 나타낼 수 있는 실험법이다.³⁴⁾ 이러한 실험법을 토대로 식품내 존재하는 유지의 산패정도를 수치화 시켜 식품내 유지의 품질열화정도를 나타내었다.

자연해동을 통해 해동시킨 수산물 중 고등어의 산가 수치는 11.70 ± 0.07 KOH/100 g, 명태의 경우 5.96 ± 0.12 KOH/100 g, 삼치의 경우 13.17 ± 0.26 KOH/100 g, 부세의 경우 4.71 ± 0.20 KOH/100 g, 오징어의 경우 3.22 ± 0.10 KOH/100 g 으로 나타났다. 과산화물가의 경우 고등어는 28.09 ± 4.49 meq/kg, 명태의 경우 33.32 ± 0.21 meq/kg, 삼치의 경우 22.21 ± 6.56 meq/kg, 부세의 경우 6.41 ± 0.20 meq/kg, 오징어의 경우 2.21 ± 0.10 meq/kg 으로 나타났다. 자연해동을 통해 해동한 경우 고등어, 명태, 삼치 3개 어종에서 나타난 수치는 식품내 유지가 산패되었음을 확인할 수 있었으며, 이 수치는 김³⁵⁾의 논문의 결과와 비슷한 것을 확인하였다.

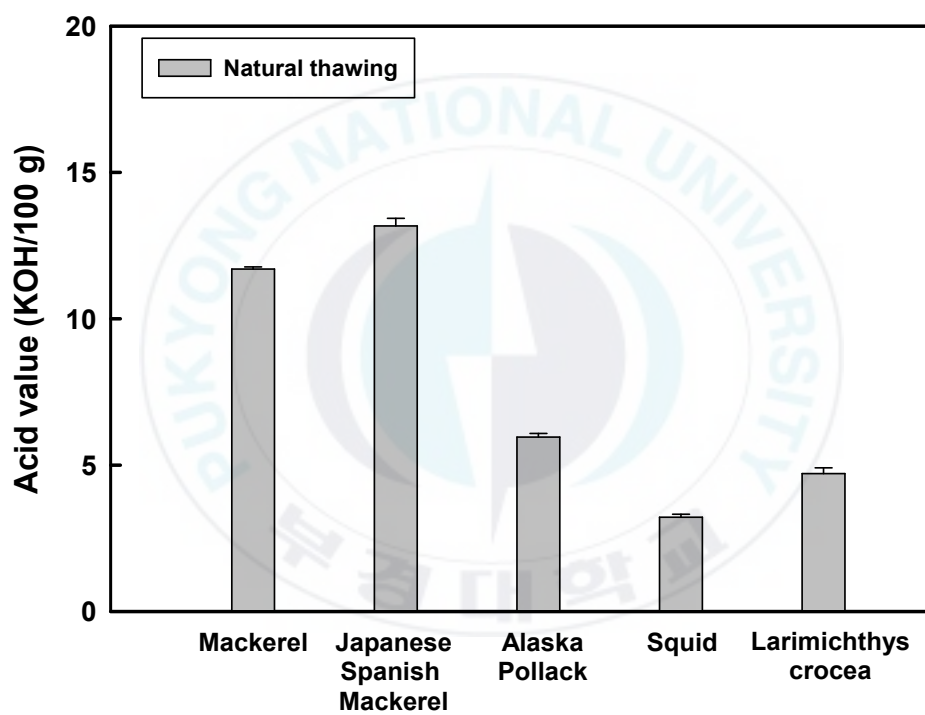


Fig. 5. The comparison of acid value on the thawed fishery products by natural thawing.

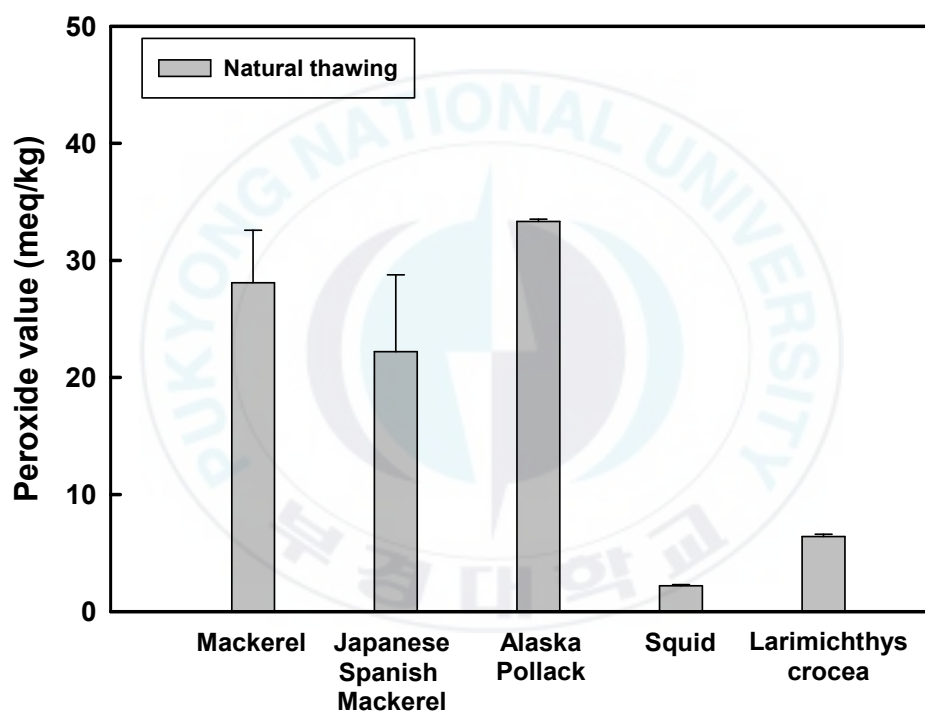


Fig. 6. The comparison of peroxide value on the thawed fishery products by natural thawing.

2. 고주파해동으로 해동된 수산물의 품질평가

2. 1. 해동시간에 따른 온도변화 및 해동완료 시점에서의 블록내 어체의 온도분포도

각 어종별 온도변화 수치를 살펴보면, 20 kg 냉동 고등어 블록의 초기 온도는 -16.83°C 였고, 100 분 후, 평균온도가 1°C 가 되었을 때 해동완료로 판정하였다. 20 kg 냉동 삼치 블록의 초기온도는 -15.40°C 였으며, 해동 70분 경과후에 0.07°C 가 되었다. 냉동 명태 블록의 초기온도는 -15.63°C 였으며, 해동 120분 경과 후에 0.57°C 가 되었다. 냉동 부세 블록의 초기온도는 -8.47°C 였으며, 해동 40분 경과 후에 0.30°C 까지 상승하였다.

고주파 해동기기를 이용한 해동어류의 온도분포도를 보면, -3°C 부근까지의 전체적인 온도분포는 오차범위 내에서 균일하게 상승하였으며, 각 어체의 머리, 배, 등육의 부위에 따른 온도분포도 또한 2°C 범위 내에서 균일하게 상승한 것을 확인할 수 있었다.³⁶⁾

이 와는 별개로 산업체에서 이용되는 해동종료 온도는 일반적으로 -3°C 인근으로 하여 작업한다. 이는 식품의 저온저장법과 산업적인 가공특성에 기인한다. 저온저장은 종래 0°C 이상에서 단기간 저장하는 냉각저장법과 0°C 이하에서 장기간의 저장을 목적으로 실시하는 동결저장법이 있는데, 이중에서 동결저장법은 생체내의 효소적, 비 효소적 갈변, 미생물의 발육등의 식품의 품질 저하를 촉진시키는 내외적 인자의 억제 저장을 억제 및 정지시키는데 그 효과가 있다. 하지만 동결, 저장, 해동의 과정에서 식품의 성분은 동결전의 상태로 완전히 복원되지 않으며, 단백질의 동결변성, 조직의 파괴, Drip의 유출 및 향기성분등의 식품의 품질을 상승시키는 물질의 감소등의 비가역적 변화가 발생하게 된다.

냉각저장법은 동결과 해동과정에서 발생하는 문제점은 없으나, 그 이외의 식품외적인자 특히, 저온성 세균에 의한 품질저하가 진행되는 경우가 있어 저장기간이 짧아지는 문제점을 가지고 있다.³⁷⁾ 이런 저장성에 대한 온도효과를 저온효과(Temperature effect)라 하는데, 식품을 얼려 동결저장 시 저온효과에 의해 저장기간은 연장되나, 빙결정의 생성에 따른 농축효과(Concentration effect)가 발생하여 식품의 품질저하가 발생한다.³⁸⁾ Super chilling 이란 동결점 부근대의 온도대 ($0 \sim 5^{\circ}\text{C}$)를 의미하며, 빙결정이 생성되는 Freezing과 생성되지 않는 Non-freezing 으로 분류된다. 최대빙결정생성대인 -3°C 의 온도구간에서 조직중의 수분의 일부가 액상에서 고상으로 상태변화되는 이러한 일부의 빙결정이 생성되어있는 상태의 온도구간에서는 약 -3°C 의 온도의 직접적인 영향이 아닌, 물의 동결에 따른 농축효과가 발생하기 때문에 특이적 온도 의존성을 나타내는 성분들이 많이 있다. 해당작용, 근원섬유 단백질의 변성, 미오글로빈의 산화 및 지질의 가수분해 등의 속도가 촉진되는데 이러한 현상은 온도의 영향을 받는다. 하지만, 위생적인 품질과 K 값에 의한 품질의 변화는 이러한 온도 대역에서는 매우 억제되기 때문에 세포조직의 손상 등의 품질에 악영향을 미치는 단계 이전의 범위에서는 0°C 저장과 비교하여 생균수 및 휘발성염기질소량으로 판단하는 위생적 품질보존기간에 대하여 5 ~ 8 배, K 값에 의한 품질보존은 2 ~ 3 배 가량 연장이 가능하다. 또한 산업체에서 냉동수산물을 가공할 시 절단 등의 가공공정과 가공대기 품목의 품질저하 억제적인 측면에서 용이하다고 할 수 있을 것이다. 따라서 이러한 산업적인 단계에서 해동은 주로 -3°C 부근까지 해동을 실시하게 된다.³⁹⁾

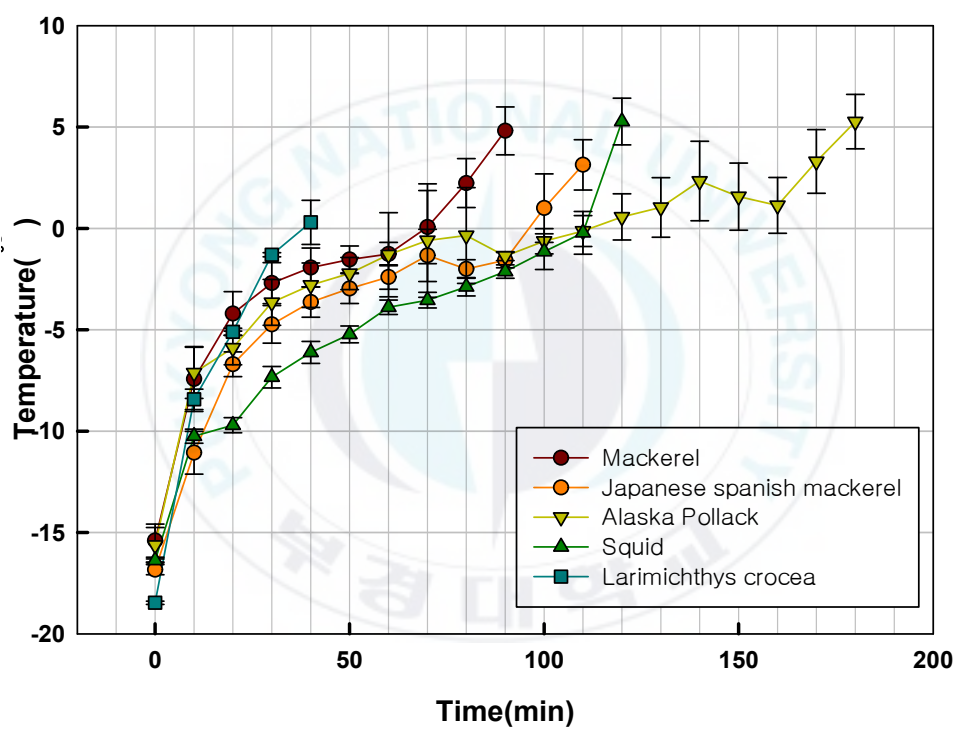


Fig. 7. Changes of temerature of frozen fisheries products by high frequency thawing (5°C).

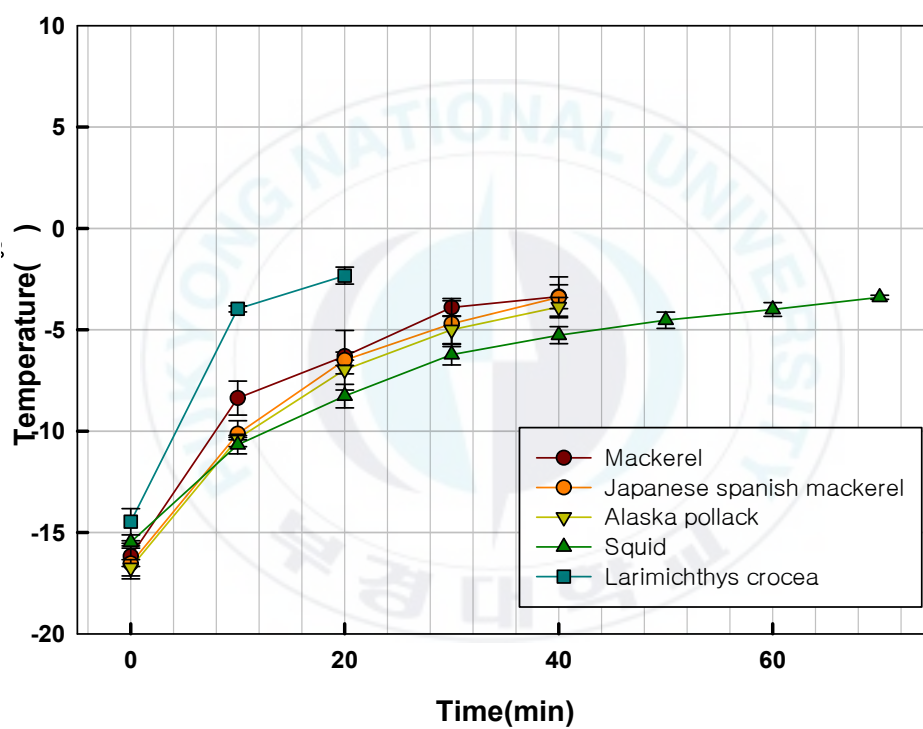


Fig. 8. Changes of temerature of frozen fisheries products by high frequency thawing (-3°C).

2. 2. 해동완료 시점에서의 해동어류 에서의 Drip 발생량

고주파 해동장치를 이용한 드립의 측정은 산업체에서 사용되는 -3°C 까지 해동시키는 경우와, 수산물이 완전해동되는 5°C 인근의 온도까지 해동되는 경우를 각각 측정하였다. 5°C 까지 완전해동하였을 때, 고등어 0.81%, 명태 0.9%, 삼치 0.5%, 부세 0.1%, 오징어 0.25% 로 나타났다. -3°C 온도까지 해동되는 경우에는 모든 어종에서 유출드립은 발생하지 않았다. 압출드립의 경우 5°C 까지 해동한 경우 고등어 $2.88 \pm 0.24\%$, 명태 $3.43 \pm 0.61\%$, 삼치 $1.38 \pm 0.85\%$, 부세 $2.61 \pm 0.45\%$, 오징어 $5.07 \pm 0.77\%$ 로 나타났다. 산업체에서 사용되는 해동완료온도인 -3°C 까지 해동을 진행할 경우 고등어 $1.95 \pm 0.44\%$, 명태 $2.78 \pm 0.24\%$, 삼치 $1.64 \pm 0.24\%$, 부세 $0.78 \pm 0.15\%$, 오징어 $4.05 \pm 0.25\%$ 로 나타났다. 실험결과를 보면 모든 어종에서 자연해동보다 드립의 발생량이 적게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 이는 자연해동의 경우 열원의 전달이 식품의 외부에서 전달되어 전도에 의한 열전달로 차츰 내부로 열에너지가 전파되는 방식으로 진행된다. 이러한 과정은 얼음이 물보다 열 전달이 빨라 해동시 식품 표면에서 발생한 수분이 식품의 중심부까지의 열 전달을 저지한다는 문제점을 가지고 있다.⁴⁰⁾ 이는 식품의 내 외부의 온도차이를 크게 만들어 내고 이 과정에서 내부는 아직 해동이 완료되지 않았으나 식품의 외부는 완전해동 되어 식품의 상태의 변화가 크고 외부조직이 구조가 느슨해져서 식품내부의 드립이 외부로 유출되기 쉬운 조건이 만들어 진다.⁴¹⁾⁴²⁾ 이에 반해 고주파 해동기기를 사용할 경우 파장 조사장치에서 나온 전자파가 냉동수산물 내부의 물분자를 진동 및 회전운동 시킬 때 발생하는 마찰력⁴³⁾에 의한 해동은 수산물의 내 외부 조직이 동시에 해동이 진행되게 되어 표면조직손상이 자연해동에 비해 상대적으로 적어 드립의 유출이 감소된다고 사료된다.⁴⁴⁾ 또한, 고주파 해동을 이용하는 경

우도 해동종료시점에서의 온도가 미치는 영향이 큰 것으로 나타났다. 5℃ 까지의 해동에서 명태는 자연해동과 고주파해동이 비슷한 드립의 발생량을 기록하였다. 하지만 -3℃ 까지 해동한 경우 냉동수산물의 드립 발생량은 모든 어종에서 상당량 차이가 나타났음을 확인할 수 있었다. 냉동수산물에서 드립의 발생은 식품의 품질과 풍미저하를 일으키게 됨으로 더 낮은 드립 발생량을 나타내는 해동방법이 식품의 품질보존 측면에서 더 우수한 해동법이라 할 수 있는데, 고주파 해동기기를 이용하여 해동할 경우가 자연해동을 실시하는 경우보다 더 낮은 드립발생량을 나타내는 것으로 보아 고주파 해동이 식품의 품질유지에 더 적합한 해동방법이라고 판단한다. 또한 해동종료온도가 매우 중요하기 때문에 0℃ 이상의 온도로 해동하는 것 보다는 산업적으로 이용되고 있는 -3℃ 까지 해동하는 것이 식품의 품질보존 측면에서 더 유리한 해동방법이라 할 수 있겠다.

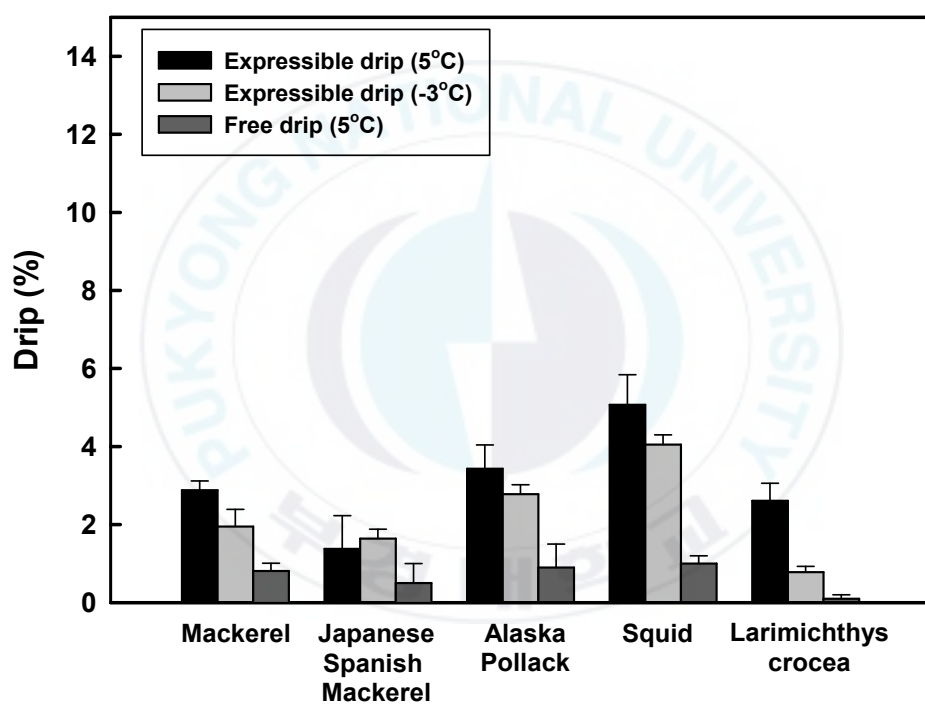


Fig. 9. The comparison of drip loss on the thawed fishery products by high frequency thawing.

2. 3. 고주파해동으로 해동한 해동어류 에서의 보수력(Water Holding Capacity)

고주파 해동을 통해 해동한 고등어의 경우 고등어는 5℃에서 $59.26 \pm 0.96\%$, -3℃에서 $62.72 \pm 0.88\%$, 명태는 5℃에서 $61.38 \pm 1.90\%$, -3℃에서 $67.59 \pm 1.90\%$, 삼치는 5℃에서 $55.73 \pm 0.58\%$, -3℃에서 $60.09 \pm 2.33\%$, 부세는 5℃에서 $64.17 \pm 1.95\%$, -3℃에서 $67.12 \pm 3.88\%$, 오징어는 5℃에서 $47.32 \pm 1.80\%$, -3℃에서 $47.66 \pm 1.59\%$ 로 나타났다. 실험결과 명태에서 특히 자연해동과 고주파해동에서의 보수력의 차이가 크게 나타났는데, 이는 명태 어종 자체가 수분함량이 많아서, 드림이 적게 유리되어 나왔기 때문으로 추정한다. 이에 비해 부세와 오징어의 경우 차이가 적은 것은 어체 중심부의 육 크기가 작고 표면적이 적었기 때문에 보수력에서 큰 차이가 나타나지 않은 것으로 추정한다.⁴⁵⁾ 고주파 해동의 해동종료온도에 따른 차이는 드림함량측정 결과와 마찬가지로 -3℃ 까지 해동할 경우 보수력이 5℃ 완전해동보다 더 높게 나타났다. 자연해동과 고주파해동을 비교하여보면 고주파해동에서 보수력이 더 높게 나타났는데 이를 통해 고주파해동을 실시할 경우 식품내부의 결합수와 단백질과의 결합을 적게 파괴하여 식품의 품질을 향상시킬 수 있는 해동방법이라 할 수 있을 것이다.⁴⁶⁾

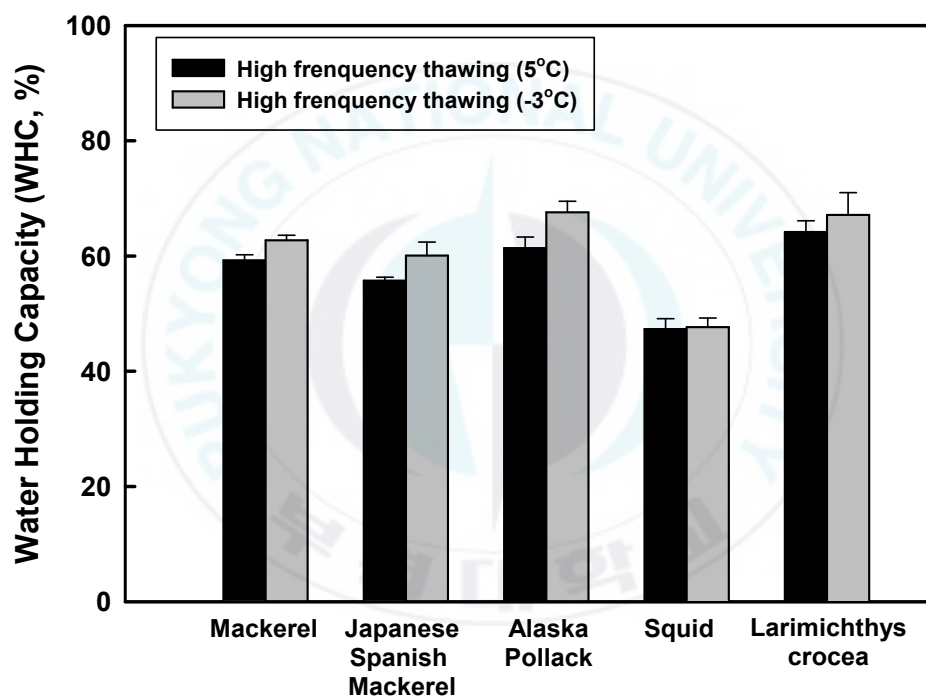


Fig. 10. The comparison of water holding capacity on the thawed fishery products by high frequency thawing.

2. 4. 고주파해동으로 해동한 해동어류 에서의 합질소 엑스분 (Extractive Nitrogen)

고주파해동을 실시한 고등어의 합질소 엑스분 함량은 5℃에서 376.79 ± 5.12 mg/100 g, -3℃에서 397.00 ± 2.21 mg/100 g, 명태는 5℃에서 407.14 ± 13.35 mg/100 g, -3℃에서 431.63 ± 13.73 mg/100 g, 삼치는 5℃에서 347.85 ± 0.14 mg/100 g, -3℃에서 362.64 ± 9.94 mg/100 g, 부세는 5℃에서 216.76 ± 17.71 mg/100 g, -3℃에서 261.59 ± 13.36 mg/100 g, 오징어는 5℃에서 320.15 ± 12.15 mg/100 g, -3℃에서 405.24 ± 10.55 mg/100 g 으로 나타났다. 합질소 엑스분의 함량은 -3℃까지 고주파해동한 수산물이 가장 높은 함량을 나타내었으며, 모든 어종에서 자연해동한 수산물보다 높은 수치를 나타내었다. 이러한 함량차이는 앞서 기술하였던 드립 발생량과 높은 연관성을 나타내는데, 드립발생량이 낮을수록 근육에 잔존하는 합질소 엑스분 잔존량이 높은 경향을 보였다. 이는 드립에 수용성인 합질소 엑스분이 혼입되어 식품외부로 빠져나갔기 때문으로 사료된다.⁴⁷⁾ 따라서 고주파 해동기기를 이용하여 해동할 경우 드립의 발생량을 억제하고 근육내의 합질소 엑스분 잔존량을 높여주어 해동된 수산물의 품질을 우수하게 만들 수 있다고 하겠다.⁴⁸⁾

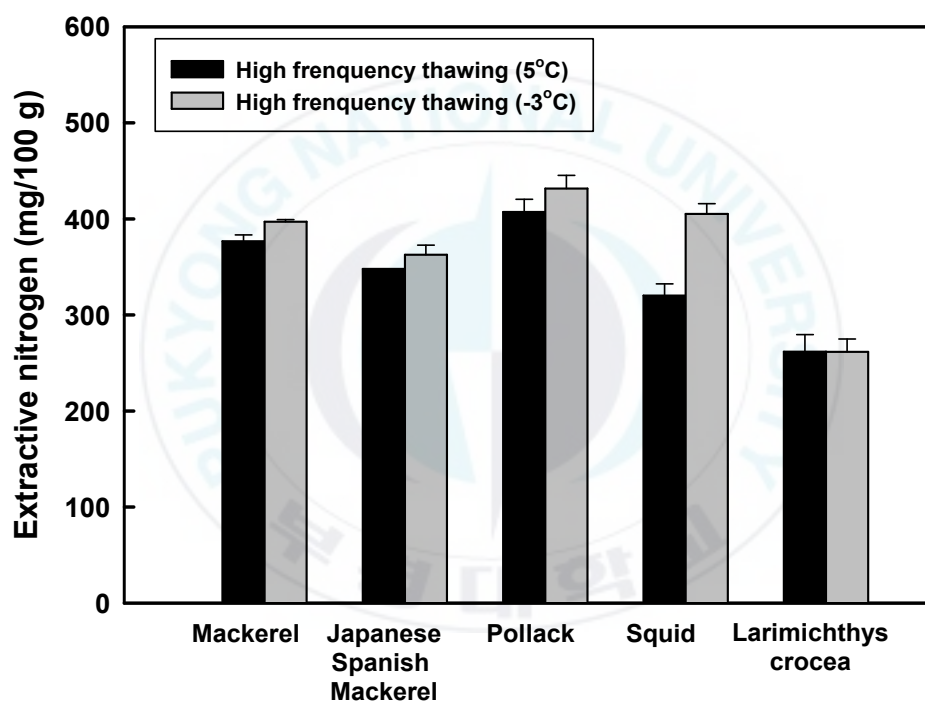


Fig. 11. The comparison of extractive nitrogen on the thawed fishery products by high frequency thawing.

2. 5. 고주파해동으로 해동한 해동어류 에서의 일반세균수, 대장균수 측정

고주파해동을 통한 식품내 일반세균수를 측정해보면 고등어는 5℃에서 3.73×10^4 CFU/g, -3℃ 에서 2.26×10^2 CFU/g, 명태는 5℃ 에서 1.05×10^3 CFU/g, -3℃ 에서는 검출되지 않았다. 삼치는 5℃ 에서, 8.20×10^2 CFU/g, -3℃ 에서 5.70×10^2 CFU/g, 부세는 5℃ 에서, 8.00×10^2 CFU/g, -3℃ 에서는 검출되지 않았다. 대장균수를 측정한 결과는 고등어의 경우 5℃에서 2.16×10^3 CFU/g, -3℃에서 2.40×10^2 CFU/g, 삼치는 5℃에서 4.20×10^2 CFU/g, -3℃에서 검출되지 않았으며, 명태와 오징어 부세에서는 5℃와 -3℃ 모두 검출되지 않았다. 자연해동시의 세균수와 비교하였을 때 고등어는 약 1 log cycle 감소하였으며 부세는 3 log cycle 의 차이를 나타내었다. 특히 -3℃ 고주파해동에서 고등어는 자연해동에 비해 3 log cycle, 부세는 5 log cycle 가량의 차이를 보여주고 있다. 대장균수를 보면, 명태, 부세, 오징어는 자연해동과 고주파해동 모두 검출되지 않았으나, 고등어는 자연해동에서 2 log cycle 만큼 더 높게 검출되었다. 삼치는 자연해동에서 1 log cycle 만큼 더 높게 나타났다. 이러한 결과는 해동시간에 기이한 결과라 할 수 있는데, 자연해동의 경우 24 시간동안 해동되며 공중낙하균을 비롯한 외부환경에 수산물이 지속적으로 노출되어있지만, 고주파해동을 실시할 경우 3 시간 내외의 단시간에 빠른 해동을 실시하게 되어 상대적으로 균에 대한 노출시간이 감소되기 때문으로 추정한다. 해동시간 뿐만 아니라 자연해동의 경우 공기의 열 전도로 인해 수산물의 외부부터 해동이 진행되어 수산물을 보호하고 있는 글레이징이 먼저 벗겨져 표면의 손상이 빠르지만 고주파해동의 경우 주파수 파장에 의한 물 분자의 진동 회전운동으로 발생하는 마찰열을 통해 해동을 진행하므로 식품의 내, 외부에서 동시다발적으로 해

동이 진행되고 이러한 특성 때문에 상대적으로 글레이징이 오래 유지되는 경향을 가지고 있다.⁴⁹⁾ 수산물을 외부환경으로부터 보호하는 글레이징이 오래 유지될수록 식품표면에 부착되는 일반세균과 대장균의 수가 감소하게 되므로, 고주파해동을 통하여 해동된 수산물이 미생물학적 품질이 더 우수하다고 판단할 수 있다.



Table 2. The comparison of viable cell count and *E. coli* on the thawed fisheries products by high frequency thawing.

		Unit: CFU/g				
		Mackerel	Japanese spanish mackerel	Alaska pollack	Squid	Larimichthys crocea
Viable cell	(5°C)	3.73×10 ⁴	8.20×10 ²	1.60×10 ²	3.20×10 ²	8.00×10 ²
	(-3°C)	2.26×10 ²	5.70×10 ²	ND	ND	ND
<i>E. coli</i>	(5°C)	2.16×10 ³	4.20×10 ²	ND	ND	ND
	(-3°C)	2.40×10 ²	ND	ND	ND	ND

2. 6. 고주파해동으로 해동한 해동어류 에서의 산가, 과산화물가 측정

고주파 해동을 사용한 경우의 냉동수산물에서 산가 수치를 살펴보면, 고등어를 5℃ 까지 해동하였을 때, 7.66 ± 0.56 KOH/100 g, -3℃ 까지 해동하였을 때, 6.74 ± 0.06 KOH/100 g, 명태를 5℃ 까지 해동하였을 때, 5.25 ± 0.39 KOH/100 g, -3℃ 까지 해동하였을 때, 3.93 ± 1.59 KOH/100 g, 삼치를 5℃ 까지 해동하였을 때, 12.78 ± 1.46 KOH/100 g, -3℃ 까지 해동하였을 때, 11.11 ± 0.32 KOH/100 g, 부세를 5℃ 까지 해동하였을 때, 3.22 ± 0.37 KOH/100 g, -3℃ 까지 해동하였을 때, 4.53 ± 0.39 KOH/100 g, 오징어를 5℃ 까지 해동하였을 때, 3.02 ± 0.54 KOH/100 g, -3℃ 까지 해동하였을 때, 2.87 ± 0.84 KOH/100 g 로 나타났다. 과산화물가 수치를 살펴보면, 고등어는 5℃ 까지 해동하였을 때, 17.76 ± 1.13 meq/kg, -3℃ 까지 해동하였을 때, 19.91 ± 2.48 meq/kg, 명태는 5℃ 까지 해동하였을 때, 14.00 ± 3.83 meq/kg, -3℃ 까지 해동하였을 때, 14.21 ± 0.85 meq/kg, 삼치는 5℃ 까지 해동하였을 때, 10.35 ± 1.87 meq/kg, -3℃ 까지 해동하였을 때, 13.69 ± 1.54 meq/kg, 부세는 5℃ 까지 해동하였을 때, 2.99 ± 1.23 meq/kg, -3℃ 까지 해동하였을 때, 2.05 ± 0.27 meq/kg, 오징어는 5℃ 까지 해동하였을 때, 2.02 ± 0.54 meq/kg, -3℃ 까지 해동하였을 때, 1.87 ± 0.84 meq/kg 로 나타났다.

수산식품의 지질은 해동과정에서 자동산화에 의해 불쾌한 냄새나 맛을 가진다. 이런 지질의 산화는 빛, 산소, 가열, 금속 등의 영향을 받는다.⁵⁰⁾ 대부분의 어종에서 산가와 과산화물가 수치 모두 자연해동에서보다 고주파해동에서 더 낮게 나타났다. 따라서 고주파 해동기기를 이용할 경우 해동과정에서 식품내의 지방질의 품질저하를 자연해동에 비해 감소시켜 고품질의 수산물의 생산을 기대할 수 있다. 고주파 해동시에 해동종료온도를 -3℃로 할 경우 기존의 5℃ 완전해동과 비교하여 지방질의 품질저

하가 적게 발생하였다는 것을 확인할 수 있는데, 이를 통해 상업적인 수준의 해동으로 동결수산물의 품질을 유지하며, 경제적으로 냉동수산물을 가공할 수 있을 것이다.



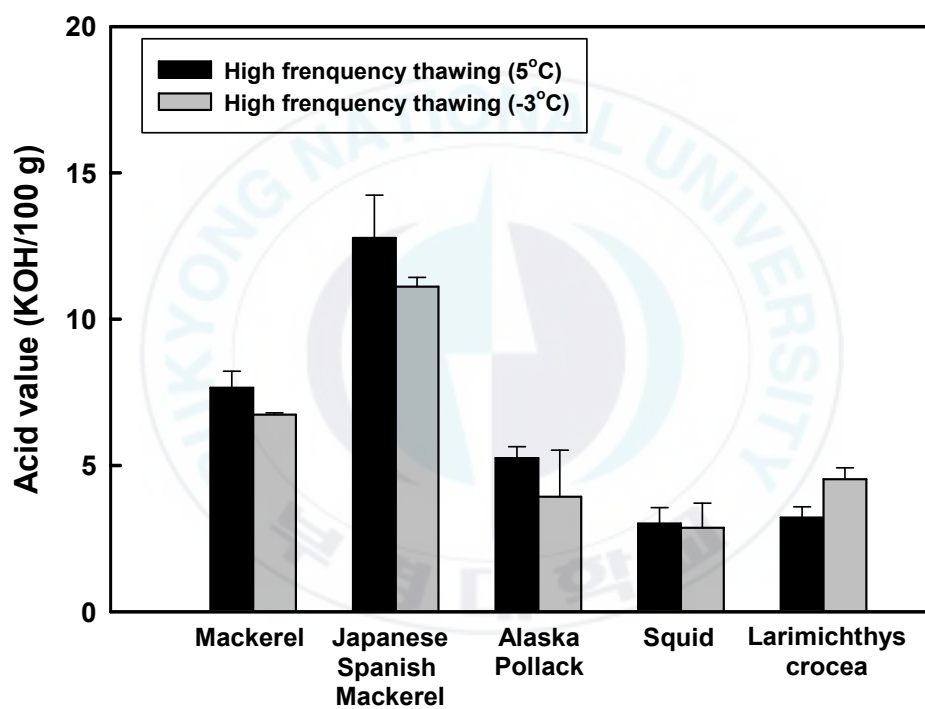


Fig. 12. The comparison of acid value on the thawed fishery products by high frequency thawing.

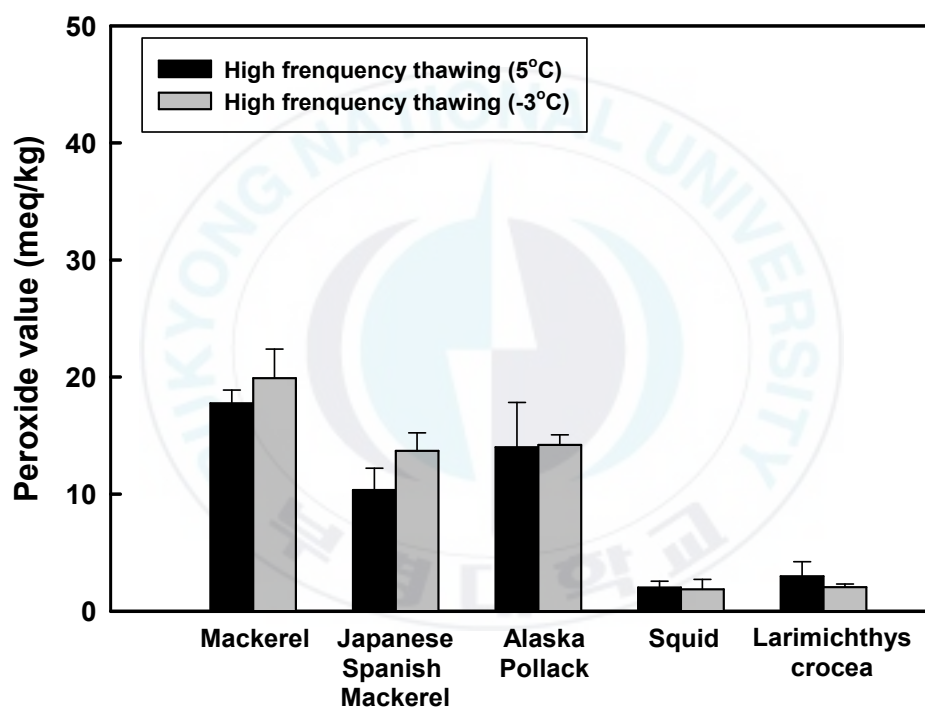


Fig. 13. The comparison of peroxide value on the thawed fishery products by high frequency thawing.

3. 해동어류의 품질유지를 위한 포장법 개발

앞서 살펴본 냉동수산물의 해동방법은 품질적인 측면에서 고주파해동이 자연해동에 비해 우수한 결과를 내었다. 이러한 고주파 해동장치를 이용한 해동이 가지는 장점을 산업적인 측면에서 적용한다면 해동완료 이후에도 품질보존시간이 길어져 가공 및 유통 측면에서 이점을 가질 수 있다. 자연해동과 고주파해동을 실시한 수산물에 대하여 유통기한 설정 및 품질보증기한 설정을 위하여 수산물의 품질을 포장종류와 해동이후 냉장 보관 시간에 따라 관측하는 실험을 진행하였다.

본 실험에 앞서 실시한 예비실험에서는 포장재질을 수산물 표준 포장재질 규격인 폴리에틸렌 수지, 골판지, 스티로폼 박스로 나누어 실험을 진행하였고 추가로 폴리에틸렌 수지를 이용하여 진공포장을 실시하였다. 포장재 내에 공기와 해동어류가 존재하는 포장을 일반포장, 진공포장장치를 이용하여 포장한 경우를 진공포장이라고 하였다. 일반포장에서는 포장재질에 따른 유의적인 차이는 보이지 않았다. 따라서 해동어류의 보관기간중의 품질유지에 기여하는 요소는 포장재 내부의 공기제거라고 판단하여 진공포장과 일반포장을 대상으로 실험을 진행하였으며, 두 포장형태가 모두 가능한 폴리에틸렌 수지를 이용하여 최적의 포장방법과 품질변화정도를 측정하여 해동된 수산물에 대한 최적의 포장법을 찾아보고자 하였다.

3. 1. 일반포장과 진공포장에서 휘발성염기질소 함량 변화

냉동 고등어 20 kg을 각각 자연해동과 -3°C 까지 고주파 해동을 실시하고, 각각 일반포장과 진공포장을 실시하여 5°C 에서 7 일 동안 저장 중 휘발성염기질소 함량을 측정하였다. 자연해동 직후 고등어의 휘발성염기질소 함량은 $25.01 \text{ mg}/100 \text{ g}$ 이었으나 저장기간 동안 증가하여 저장 7

일에는 55.21 mg/100 g 까지 증가하였다. 반면, -3℃까지 고주파해동한 고등어의 휘발성염기질소 함량은 자연해동보다 낮은 21.02 mg/100 g 및 22.25 mg/100 g 이었으며, 자연해동과 동일한 저장기간 동안 증가하여 저장 7 일에는 일반포장에서 45.01 mg/100 g, 진공포장에서 46.51 mg/100 g 이었다. 이러한 결과는 송⁵¹⁾의 연구결과와 비슷하게 나타났다. 하지만 저장 7 일 까지 자연해동에 비하여 낮은 휘발성염기질소 함량을 가지며, 고주파해동에 의한 해동된 수산물의 선도유지는 매우 양호하였다. 또한 고주파해동을 한 고등어를 각각 일반포장과 진공포장을 실시하여 5℃ 저장 중 휘발성염기질소 함량의 변화는 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

명태의 휘발성염기질소 함량은 자연해동에서 29.40 mg/100 g, 고주파해동에서 일반포장하였을 경우 25.88 mg/100 g, 진공포장 하였을 경우 22.08 mg/100 g 로 나타났다. 고주파해동한 명태의 상태가 양호하였으며, 저장기간 중에 자연해동보다 고주파해동에서 선도가 양호하였다.

삼치의 휘발성염기질소 함량은 해동직후 자연해동에서 16.25 mg/100 g, 고주파해동을 실시할 경우 일반포장에서 15.25 mg/100 g, 진공포장에서 16.62 mg/100 g 로 나타났다. 7 일간의 저장기간 동안 자연해동의 경우 30.25 mg/100 g, 고주파해동하여 일반포장한 경우 28.75 mg/100 g 으로 나타났으며, 진공포장을 실시한 경우는 28.68 mg/100 g 로 나타났다.

부세와 오징어도 마찬가지로 고주파해동에 의한 휘발성염기질소 함량이 자연해동보다 양호하였으며, 저장기간 동안에 선도저하도 적게 나타났다.⁵²⁾ 이를 통해 고주파해동을 실시하였을 때 품질의 열화가 자연해동에 비해 적게 나타났으며 저장기간동안 품질저하도 적다는 것을 확인할 수 있다.⁵³⁾ 해동된 수산물의 일반포장과 진공포장에 의한 휘발성염기질소 함량은 고주파 해동에서 다소 차이는 있었으나 유의적인 수준은 아니었다.

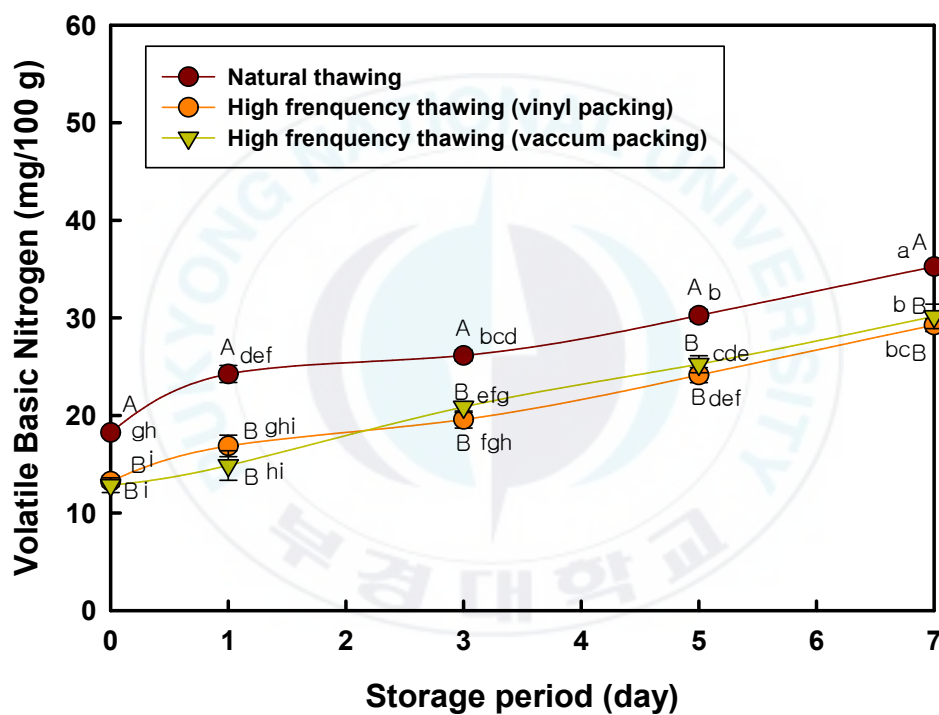


Fig. 14. Changes of volatile basic nitrogen on the thawed mackerel by various thawing and packing methods during storage at 5°C for 7 days.

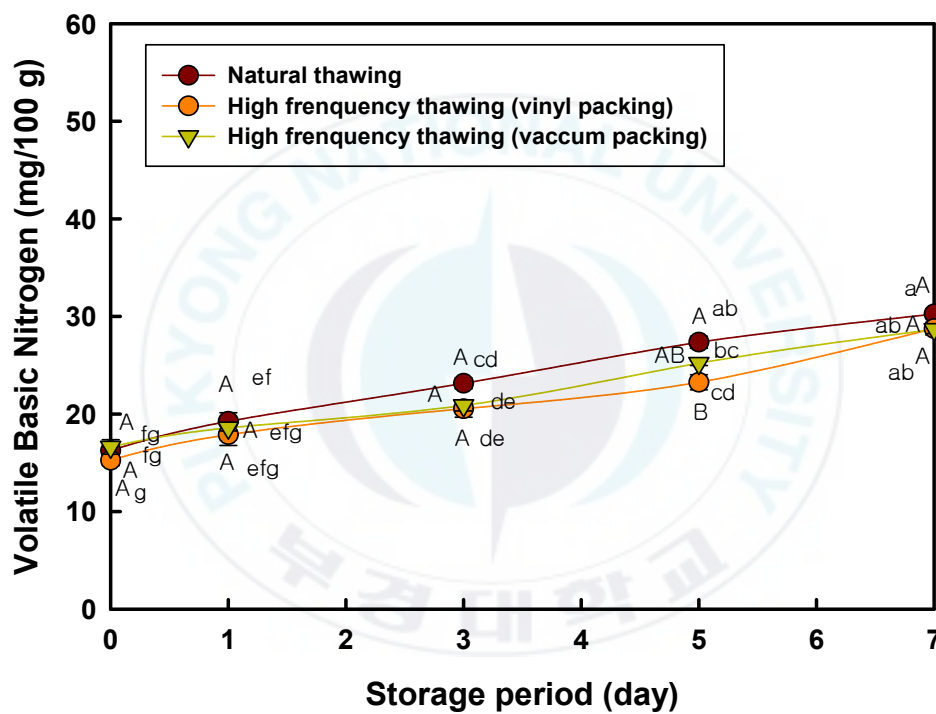


Fig. 15. Changes of volatile basic nitrogen on the thawed Japanese spanish mackerel by various thawing and packing methods during storage at 5°C for 7 days.

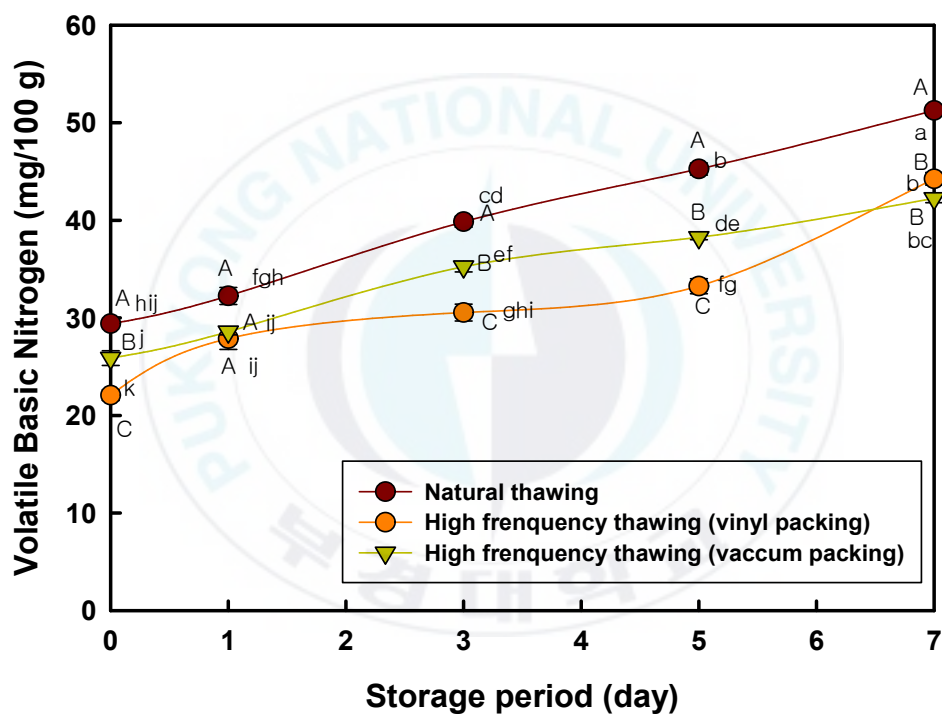


Fig. 16. Changes of volatile basic nitrogen on the thawed alaska pollack by various thawing and packing methods during storage at 5°C for 7 days

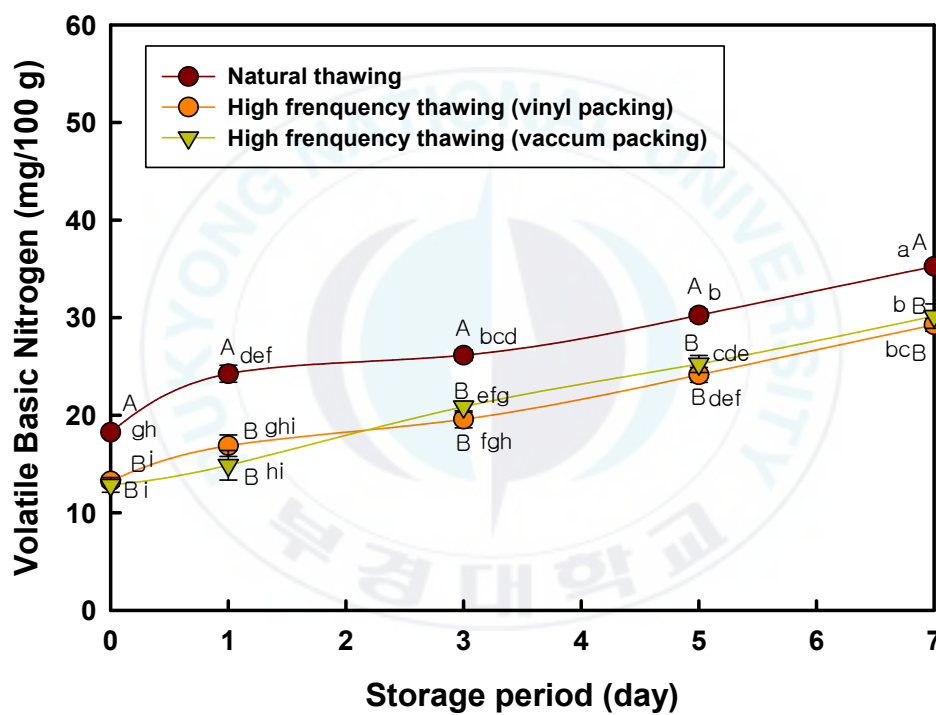


Fig. 17. Changes of volatile basic nitrogen on the thawed *larimichthys crocea* by various thawing and packing methods during storage at 5°C for 7 days

3. 2. 일반포장과 진공포장에서 과산화물가 변화

냉동수산물을 자연해동과 고주파해동을 이용하여 해동하여 5℃에서 7 일 동안 저장 중 과산화물가 변화를 조사하였다. 대문자로 표기된 항목은 각 일차별 해동된 고등어의 과산화물가 수치에 대한 유의적인 차이이며, 소문자로 표기된 항목은 전체 저장기간 동안의 해동된 고등어의 과산화물가 수치에 대한 유의적인 차이이다. 고등어의 변화를 보면 모든 저장기간중에 자연해동은 모든 구간에서 고주파해동보다 높은 수치를 나타내었다. 0 일차에서 포장방법에 따라 다소 과산화물가 수치의 차이는 있었으나 그 이외의 구간에서는 모두 동일한 수치를 나타내었다. 이 수치는 다른어종에 비해 차이가 더 크게 나타났는데, 이는 고도 불포화 지방산을 많이 함유하고 있어 자동산화가 더 쉽게 발생하였기 때문이라고 사료된다.⁵⁴⁾ 삼치의 경우 초기 과산화물가 수치 차이는 고등어보다 높게 나타났으나 저장기간중에 일정하게 증가하여 7 일차에는 동일한 수치까지 증가하였다. 저장방법에 따른 과산화물가 차이는 다소 있었으나 큰 차이는 보이지 않았다. 명태의 경우 초기 과산화물가 차이는 자연해동과 고주파해동에서 크게 나타났으며, 고주파해동한 구간에서 가장 큰 폭으로 과산화물가 수치가 증가하였다. 이 수치는 저장기간중에 일정하게 증가하여 7 일차에는 거의 비슷한 값을 나타내었다. 부세의 경우 고등어와 유사하게 저장기간동안 모든 구간에서 자연해동보다 고주파해동이 더 낮은 과산화물가 수치를 나타내었다 또한 다른어종에 비해 모든 구간에서 낮은 과산화물가 함량을 나타내었다. 실험한 어종에서 저장기간동안 자연해동을 실시한 냉동수산물이 고주파해동보다 과산화물가 값이 높게 나타났으며, 포장방법에 따른 유의적인 차이는 거의 없었다. 저온저장에 의한 지질산화는 큰 폭으로 이루어지지 않는었는데, 이는 포장방법보다 저장온도가 지질산화에 더 큰 영향을 주었기 때문이라 사료된다.⁵⁵⁾ 결과적

으로 고주파해동을 통한 수산물의 해동은 냉동어류의 산패를 억제하여 영양소의 파괴를 최소화하고 원료의 기호성을 향상시킬 수 있다고 할 수 있다.⁵⁶⁾



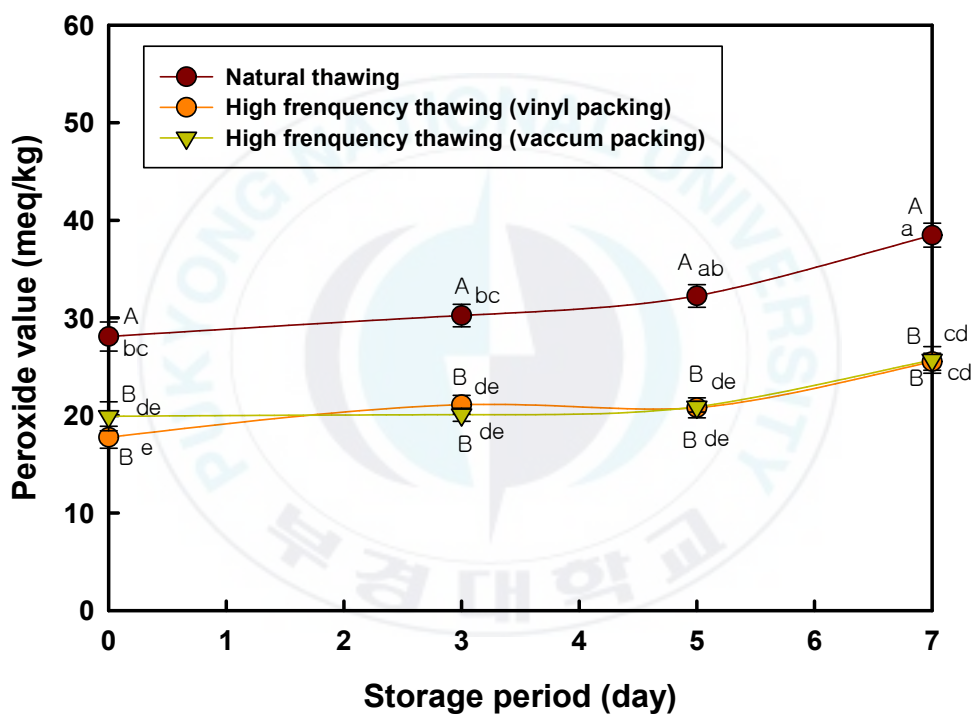


Fig. 18. Changes of peroxide value on the thawed mackerel by various thawing and packing methods during storage at 5°C for 7 days.

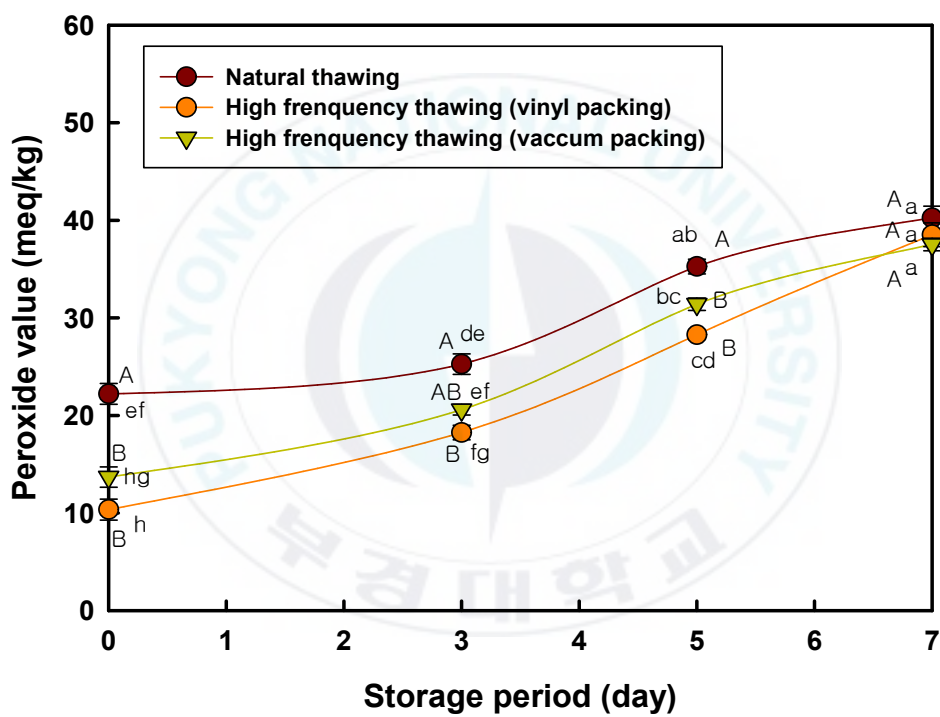


Fig. 19. Changes of peroxide value on the thawed Japanese spanish mackerel by various thawing and packing methods during storage at 5°C for 7 days.

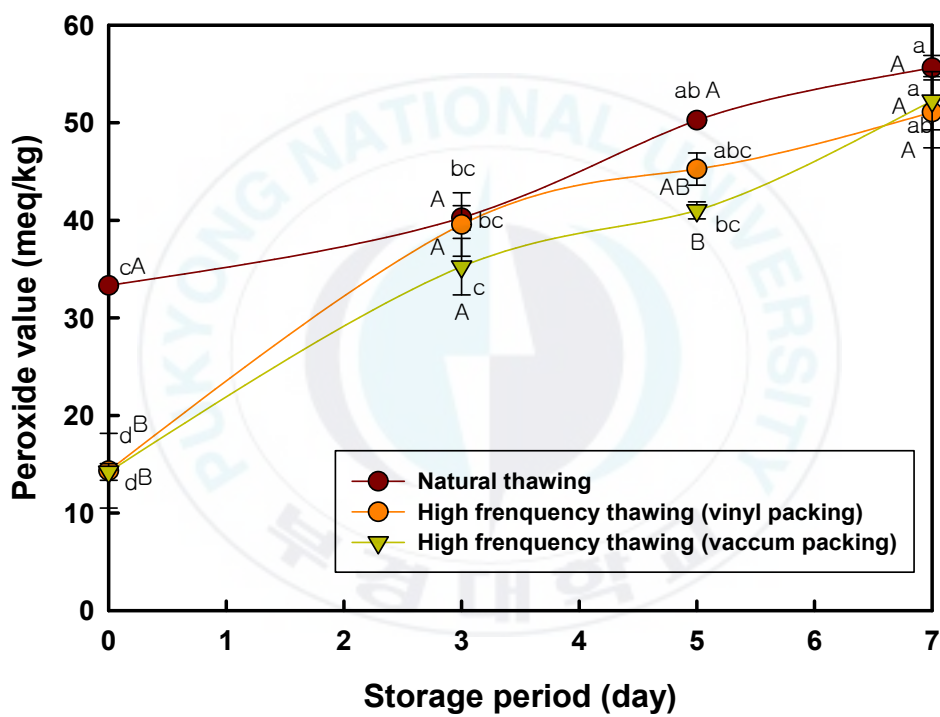


Fig. 20. Changes of peroxide value on the thawed alaska pollack by various thawing and packing methods during storage at 5°C for 7 days.

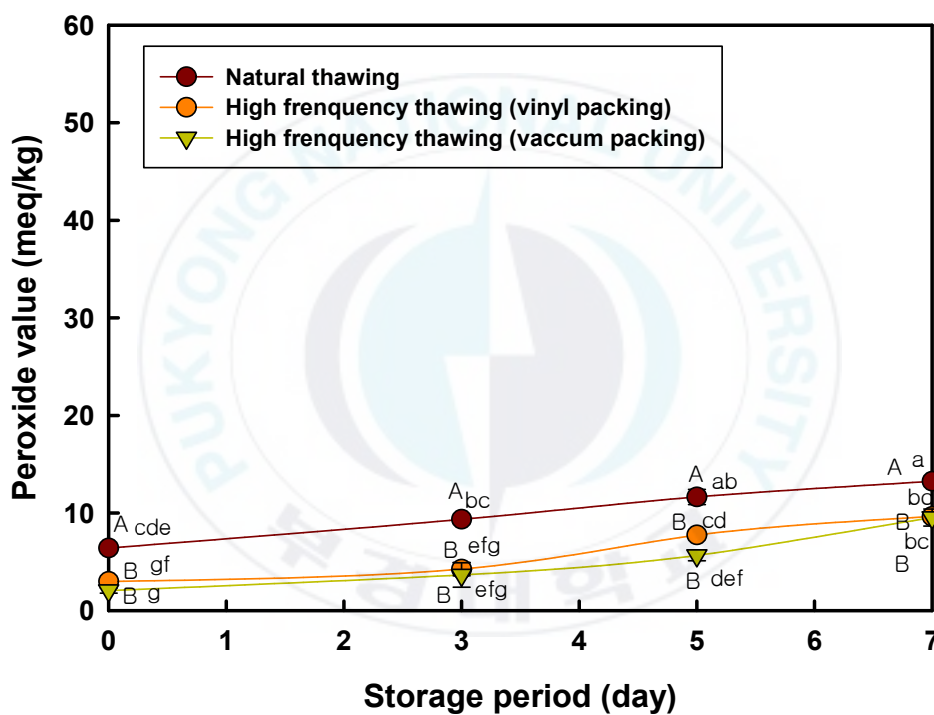


Fig. 21. Changes of peroxide value on the thawed *larimichthys crocea* by various thawing and packing methods during storage at 5°C for 7 days.

3. 4. 일반포장과 진공포장에서 일반세균수 변화

자연해동과 고주파해동에 의한 일반세균수 차이는 매우 크게 나타났다. 고등어는 자연해동에서 일반세균수는 10^5 CFU/g 까지 검출되었으며, 저장기간동안 지속적으로 증가하였다. 반면에 고주파해동은 10^3 CFU/g 까지 검출되었으며, 저장기간동안 2 log cycle 증가하였다. 명태는 자연해동시에 10^2 CFU/g 까지 증가하였으나 고주파해동에서는 검출되지 않았다. 삼치는 고주파해동 직후 일반세균수의 수치가 유의적인 수준에서 확인되지 않았으며, 저장기간동안 10^2 CFU/g 까지 증가하였으며, 일반포장과 진공포장에서 큰 차이는 없었다. 부세는 자연해동에 의해 10^5 CFU/g 까지 검출되었으며, 저장기간동안 증가하였고 고주파해동을 실시한 경우 초기 세균수는 10^2 CFU/g 이었으며, 저장기간동안 10^3 CFU/g 까지 증가하였다. 오징어는 자연해동한 경우 해동직후 10^3 CFU/g 까지 검출되었으며, 저장기간동안 10^5 CFU/g 까지 증가하였다.

이상의 결과를 볼 때, 자연해동보다는 고주파해동에 의하여 해동된 수산물물이 저장중에 품질변화가 최소화된다는 것을 확인할 수 있었으며 포장방법에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았는데, 이는 포장방법보다 저장온도가 미생물의 증식에 더 크게 영향을 미치기 때문으로 사료된다.⁵⁷⁾ 위생적인 품질판단 지표로써 미생물수의 변화를 볼 때 고주파해동이 저장유통기간동안 품질보존적인 측면에서 자연해동보다 우수하다고 할 것이다.

4. 고주파해동을 실시한 수산물의 재동결에 의한 품질변화

앞서 연구에서 고주파해동을 실시한 수산물의 선도와 품질변화는 자연해동에 비하여 해동시간의 단축과 해동어류의 품질유지적인 측면에서 우수하다는 결론을 얻었다. 식품의약품안전처에서 정하는 ‘식품 기준 및 규격’ 항목을 보면 해동된 수산물은 24 시간 내에 냉장으로 유통할 수 있으며, 해동된 수산물을 재동결 하여서는 안된다는 항목이 있다. 이는 동결과정에서 조직구조와 근원섬유가 손상되며 동결 및 해동을 반복할 경우 이러한 식품조직의 손상으로 인한 수산 어류의 상품성 감소현상이 계속적으로 발생하여 동결제품의 품질이 감소하기 때문이다.⁵⁸⁾ 본 연구에서는 고주파해동에 의한 해동어류의 재동결시 품질저하를 확인하기 위하여 고주파해동으로 해동한 수산물을 재동결시켜 -20℃에서 1 개월동안 저장한 후 고주파해동기기를 이용하여 다시 해동시켜 품질변화정도를 측정하였다.

4. 1. 재동결 시킨 해동어류의 온도변화

앞서 실험한것과 동일하게 식품가공업체에서 상업적으로 이용하는 해동종료 온도인 -3℃ 까지의 해동을 실시하며 초기 해동에 사용한 것과 동일한 고주파해동기기를 사용하여 해동시간에 따른 온도변화를 측정하였다. 그 결과, 앞서 실험한것과 동일하게 -3℃온도구간 까지는 부위나 위치에 따른 온도편차가 크지 않으며 블록을 구성하는 각각의 어체가 비슷한 온도대를 유지하며 해동되었다. 해동과정에서 해동속도는 중심부까지의 열 및 에너지의 침투속도에 따라 결정된다.⁵⁹⁾ 따라서 해동하는 시간이 비슷한 고주파해동과 재동결 고주파해동은 동일한 속도로 에너지가 전달되어 비슷한 조직변화를 통해 해동이 진행되었다고 할 수 있다.

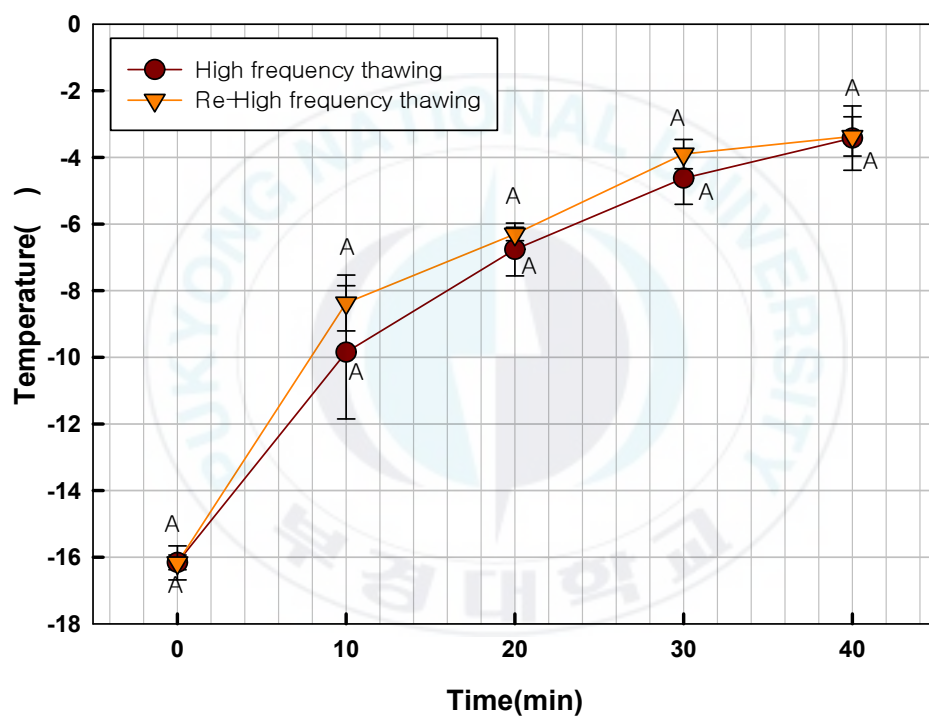


Fig. 22. Change of temperature on the re-frozen mackerel by high frequency thawing.

4. 2. 재동결 시킨 해동어류의 드립함량 측정

재동결과 저장과정을 거친 어체의 고주파해동기기를 이용하여 다시 해동시켰을 때 발생하는 유출드립 발생량은 0.26%로 나타났다. 앞서 살펴본 고주파해동으로 해동시킨 고등어 시료의 드립 발생량은 5℃에서 0.81% -3℃에서 0%로 나타났는데 이에 비교해볼 때 매우 낮은 드립이 발생하였다는 것을 확인할 수 있다. 따라서 고주파해동을 실시할 경우 냉동수산물의 품질저하가 최소화 될 뿐만아니라, 고주파해동후 빠른 시간내에 재동결 할 시 품질의 변화는 기존의 자연해동과 비교하더라도 매우 억제된다는 것을 확인할 수 있다.

압출드립 함량을 살펴보면 1.62%로 나타났다. 고주파해동을 이용하여 해동한 초기 어체의 압출드립함량을 보면 5℃에서 2.88%, -3℃에서 1.98%로 나타났다. 이 경우 시료를 재동결시켜 해동한 경우가 기존의 고주파해동의 결과보다 드립량이 적게 측정되었는데, 이는 시료간의 개체차이로 판단된다.⁶⁰⁾

결과적으로 볼 때, 재동결 시킨 해동어류의 드립함량에서 고주파해동을 실시할 시 품질변화가 최소화되며⁶¹⁾, 빠른시간에 재동결하여 보관하더라도 처음 품질과 큰 차이가 없음을 볼 수 있다.

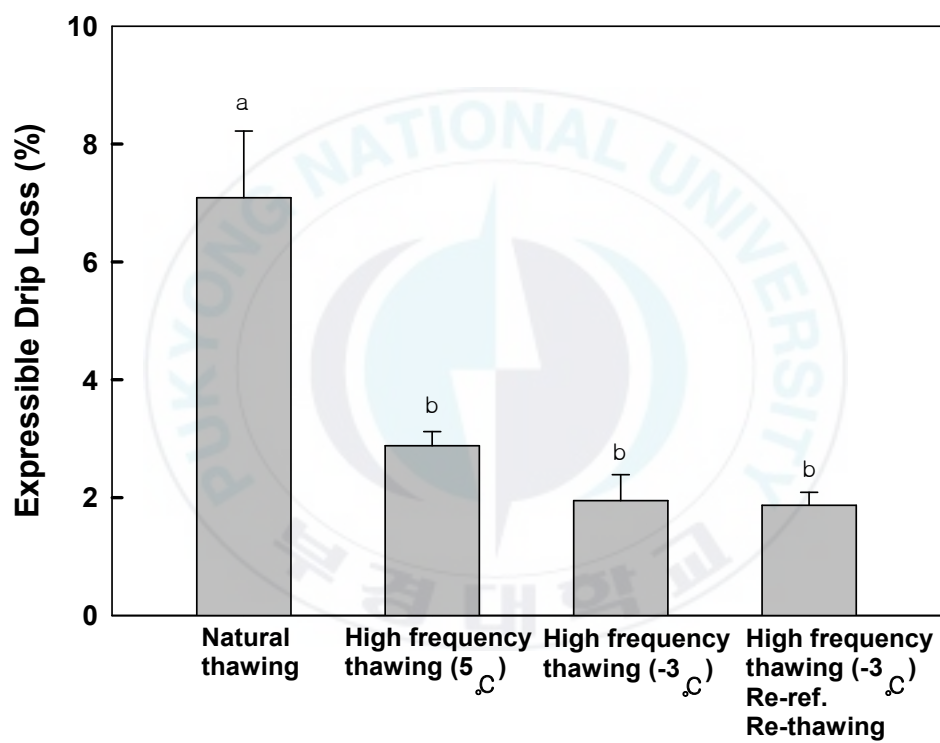


Fig. 23. The comparison of expressible drip loss on the re-frozen mackerel by high frequency thawing.

4. 3. 재동결 시킨 해동어류의 보수력 측정

해동한 식품을 재동결 할 경우 식품내 존재하는 근육조직은 빙결정의 생성과 파괴를 반복하여 물리적으로 크게 손상되며 이 과정에서 보수력은 크게 감소하게 된다⁶²⁾. 이러한 보수력력의 감소는 식품내 조직의 수분함량을 감소시키며, 근육조직 구조를 변화시켜 식품의 질감이 떨어져 최종적인 식품의 품질은 떨어지게 된다.⁶³⁾

고주파 해동기기를 이용한 실험에서 드립발생량과 마찬가지로 재동결과 재해동에 의한 고등어 근육의 보수력은 58.91% 였으며, 자연해동보다 높은 보수력을 지니고 있었다. 하지만 1 차 해동에서 보인 5℃ 해동의 62.72%, -3℃ 해동의 59.26% 보다는 다소 낮게 나타났다. 이를 통해 품질보존적인 측면에서 초기 해동결과와 비교하여 볼 때 재동결한 어류의 조직은 1 차 해동과정에 사용된 어류의 조직과 거의 동일한 보수력을 가지고 있어⁶⁴⁾ 식품의 기호성이 비슷하게 유지되는 수산어류라 할 수 있다. 이를 통해 잉여수산어류에 대하여 재동결과 재해동을 고주파해동기기를 이용하여 해동할 경우 사용되는 수산어류의 보존성을 증가시키고 가공공정상의 경제성을 도모할 수 있을 것이다.

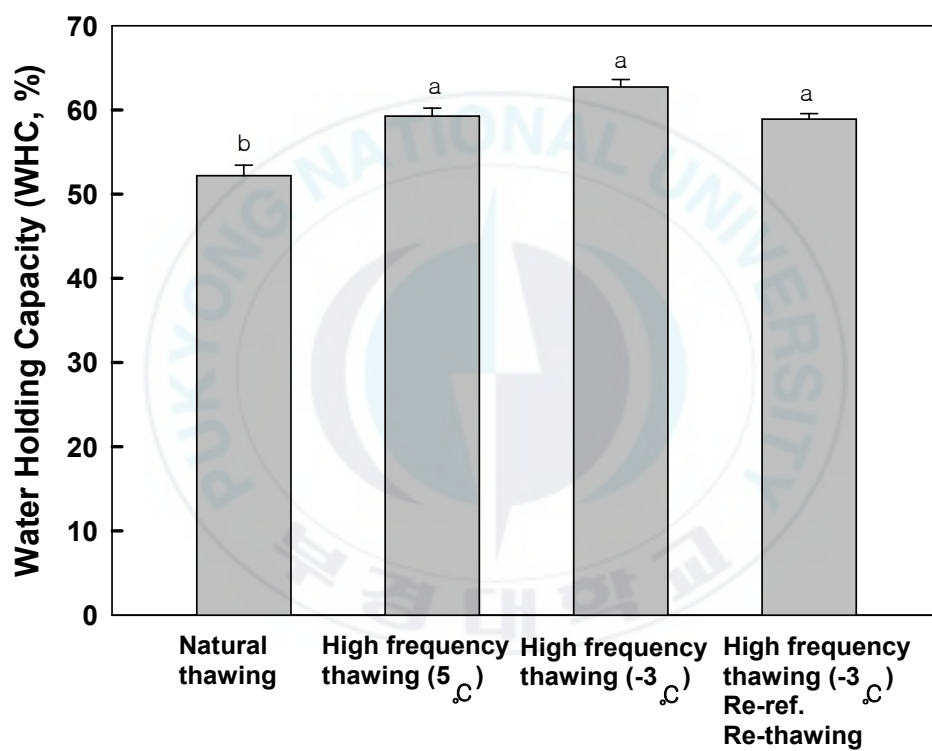


Fig. 24. The comparison of water holding capacity on the re-frozen mackerel by high frequency thawing.

4. 4. 재동결 시킨 해동어류의 함질소 엑스분 측정

재동결 및 재해동에 의한 고등어 근육의 함질소 엑스분의 잔존량은 374.82 mg/100 g이었으며, 드립이나 보수력의 결과와 마찬가지로 자연해동보다는 높은 잔존량을 나타내었으며, 고주파해동에 의한 함량과는 비슷하였다.

고주파해동을 통해 해동된 수산물을 재동결시켜 1 개월 동안 5℃ 저장후 다시 고주파해동으로 해동할 경우 해동시간의 단축으로 수산물의 품질저하가 최소화 되었으며, 이러한 품질을 가진 수산물이 다시 재동결되어 짧은 해동시간을 통해 해동된다면 품질의 변화정도는 미미할 것으로 예상된다.⁶⁵⁾ 고주파해동을 통해 해동한 수산물의 경우 가공과정중에 남은 잉여 생산물에 대하여 일정기간 재동결처리하여 보관하더라도 동일한 해동방법을 통해서 다시 해동한다면 생산물의 정미성분 변화가 거의 없는 조건에서 원료를 다시 사용할 수 있다. 따라서 냉동수산물의 가공시 잉여수산물을 폐기하지 않고 재동결을 통한 이용을 통해 폐기물 생성을 억제 시킬 수 있을 것이다.

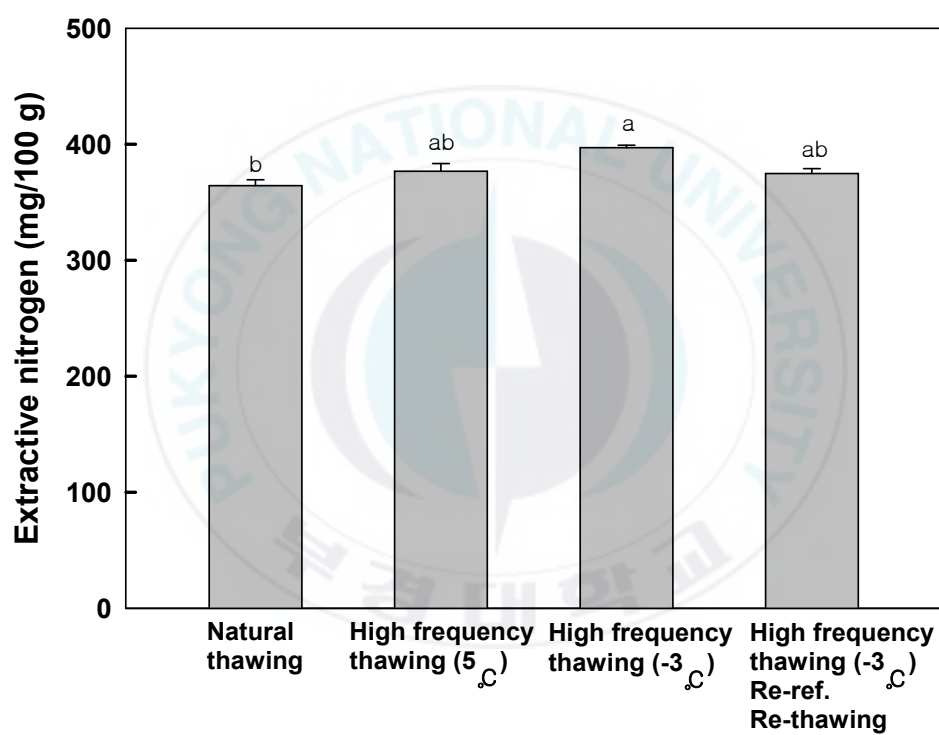


Fig. 25. The comparison of extractive nitrogen on the re-frozen mackerel by high frequency thawing.

요 약

수산식품의 보존중에서 냉동은 식품의 품질을 일정하게 유지시키면서 장기간 보존가능한 방법중에서 가장 효과적인 방법이라 할 수 있다. 하지만 이렇게 냉동된 식품을 가공 및 섭취하기 위해서는 해동이라는 과정을 거치게 되는데, 냉동된 식품을 해동하는 과정에서 식품내의 동결되었던 수분이 식품외부로 유출되게 되고 식품의 정미 아미노산과 수용성 비타민 등이 함께 유출되어 식품의 맛과 영양소가 감소하게 된다. 따라서 해동방법은 식품의 품질에 직접적인 영향을 미치는 방법이므로 식품내의 정미성분과 영양소가 유출되지 않기 위한 방향으로 진행되어야 한다. 고주파해동은 파장을 이용한 해동방법이다. 기본적인 원리는 Microwave oven 과 동일한데, 고주파 주사장치에서 발생한 파장이 식품의 내부의 수분을 흥분상태로 들뜨게 만들어 물분자가 진동, 회전운동을 하게 되면 물분자 사이에서 마찰력이 발생한다. 이러한 마찰력으로 냉동식품을 해동하는 방식이다. 본 연구에서는 고주파해동을 이용한 해동이 식품의 품질에 미치는 영향을 확인하기 위하여 실험을 진행하였다. 사용한 수산물은 국내 주요 소비자종인 고등어, 삼치, 명태, 부세, 오징어를 선정하여 실험을 진행하였다.

1. 기존에 산업적으로 이용되고 있는 해동방법인 자연해동을 이용하여 수산물을 해동한 결과 해동시간은 24 시간이 소요되었으며 고주파해동의 경우 어종별로 차이는 다소 있었지만 1 ~ 3 시간 가량 소요되었다.

2. 드립발생량은 식품의 정미성분과 수용성 영양분의 함량을 나타내는 지표다. 해동과정에서 드립의 식품외부로 유출이 증가하면 식품내의 잔

존 정미성분과 영양분함량이 낮아지므로 식품의 품질이 감소한다고 할 수 있다. 대부분의 어종에서 고주파해동을 실시한 냉동수산물은 자연해동보다 드립발생량이 낮게 측정되었으며 이는 고주파해동이 수산물의 품질감소가 적다는 것을 의미한다.

3. 보수력은 냉동식품의 조직복원력을 나타내는 지표로써 해동된 수산물이 해동전의 상태로 돌아가는 정도를 수치로 나타낸 값이다. 보수력이 높은 식품일수록 식품내부에 단백질과 결합된 수분인 결합수의 함량이 높아 식감이 좋은 식품이라 할 수 있다. 대부분의 어종에서 고주파해동을 실시한 냉동수산물은 자연해동을 실시한 경우보다 더 높은 보수력을 나타내었는데 이는 해동완료시점에서 식품의 상태가 자연해동을 실시하였을 때 보다 고주파해동을 실시한 경우가 해동전의 상태와 더 흡사한 조직구조를 가진다고 할 수 있을 것이다.

4. 함질소 엑스분은 식품의 맛을 결정하는 정미성분으로써 수용성의 성질을 가지고 있어 해동완료시 드립발생량이 많을 경우 식품외부로 유출되어 맛이 떨어진다. 해동완료시점에서의 함질소 엑스분의 함량을 비교하여보면, 고주파해동을 실시한 경우가 자연해동을 실시한 경우보다 더 높은 함량을 가지고 있음을 확인할 수 있다. 이를 통해 고주파해동은 식품내의 정미성분을 유지시키는데 더 효과적인 해동방법이라는 것을 확인할 수 있다.

5. 생균수와 대장균수는 식품의 위생품질도를 나타내는 지표로써 어획 직후나 동결된 식품에서 수치가 높아지는 경우는 거의 발생하지 않으므로 해동과정에서 오염되는 경우가 대부분이다. 생균수와 대장균수 모두

고주파해동을 실시한 경우가 더 낮은 수치를 나타내었는데 이는 외부환경에 노출된 시간이 자연해동의 경우 약 24 시간, 고주파해동은 약 1 ~ 3 시간으로 시간적인 차이가 발생하였기 때문으로 추정한다. 따라서 고주파해동을 실시할 경우 해동시간을 감소시켜 외부환경과 접촉하는 시간이 감소하고 이를 바탕으로 위생적인 식품을 생산할 수 있을 것으로 기대한다.

6. 산가와 과산화물가는 식품내의 유지산패를 나타내는 지표이다. 식품내의 유지가 산패될 경우 불쾌취가 발생할 수 있어 식품의 품질을 저해하게 되는데, 해동직후 산가와 과산화물가 수치 모두 대다수의 어종에서 고주파해동을 실시한 경우가 더 낮게 나타났다. 이를 통해 식품내 유지의 안정성을 유지시키는데 고주파해동이 더 효과적인 해동방법이라는 것을 확인할 수 있었다.

7. 고주파해동과 자연해동을 실시한 해동어류의 시간에 따른 품질열화 정도를 비교하여 산업체에서 제조를 위한 식품가공에서 해동한 식품의 품질보증기간 설정에 대한 근거자료로 활용하기 위하여, 각각 진공포장과 일반포장을 실시하여 7일간 식품의 상태변화를 확인하였다. 휘발성 염기질소의 경우 고주파해동을 실시한 경우가 자연해동을 실시한 경우보다 낮은 수치를 나타내었다. 휘발성 염기질소는 식품이 시간이 지남에 따라 수치가 높아지는 수치로써 식품의 신선도를 판별하는 지표물질로 사용되고 있다. 따라서 고주파 해동을 실시한 수산물의 신선도가 자연해동을 실시한 수산물에 비하여 보존기간 동안에도 항상 높은 수치를 나타낸 것을 확인할 수 있었다. 포장방법에 따른 유의적인 차이는 확인할 수 없었다. 과산화물가는 저장기간동안 소폭 증가하였으며 증가한 수치는

자연해동이 고주파해동을 실시한 경우보다 높게 나타났다. 포장방법에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 일반세균수는 해동직후부터 저장기간 동안 증가하였는데, 어종에 따라 다소 차이는 있었으나 대부분의 어종에서 고주파해동을 실시한 경우가 더 낮은 수치를 나타내었다. 포장방법에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

8. 고주파해동을 실시하여 해동한 수산물을 재 동결과 재 해동을 실시하였을 때, 식품의 품질이 열화되는 정도를 관측하여 냉동시킨 수산물을 가공시킨 후 남은 잉여자원에 대한 재사용 가능여부에 대하여 실험을 진행하였다. 재 해동시킨 수산물은 초기해동시의 드립함량 수치와 보수력, 함질소 엑스분 함량에서 거의 동일한 수치를 나타내었으며, 이 수치는 자연해동을 실시한 경우보다 유의적으로 낮은 값을 나타낸 것을 확인할 수 있었다. 이를 통해 고주파해동으로 해동한 수산물의 경우 재 동결과 재 해동과정을 진행하더라도 수산어류의 품질에 거의 손상을 입히지 않는 수준에서 해동이 진행된다는 점을 확인할 수 있었다.

따라서, 본 연구에서는 과학적 근거를 바탕으로 기존에 산업적으로 이용되고 있는 자연해동과 고주파해동을 비교하여 고주파해동의 해동과정에서 식품 품질을 유지시키는 측면에서 기존의 상업적으로 사용되는 자연해동과 비교한 우수성을 확인하였고, 식품의 저장기간 동안의 품질변화를 기록하였다. 또한 해동한 수산물에 대한 재동결과 재해동시의 품질변화를 관찰하여 해동한 식품의 산업적인 가공에서 생성되는 부산물에 대한 이용방법을 모색하였다. 이를 바탕으로 기존의 수산물 냉동시장에 대한 새로운 해동방법을 제시하였고 그 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 기대한다.

감사의 말씀

우선 이 모든 괴로움을 이겨내고 여러 번의 위기를 극복하여 무사히 석사과정을 마친 나 스스로에게 감사의 말씀을 전하며 석사학위의 명예를 나 스스로에게 돌립니다. 그 외에 낳아주시고 길러주신 어머니, 아니 엄마와 내 인생 최고의 친구 아빠에게 감사를 올리며 마찬가지로 내 인생의 꼬봉 내 동생 태준이에게 감사, 아니 태준이는 감사까지는 아니고 그냥 고맙습니다. 또한 모르는 사람이 갑자기 실험실에 들어와서 ‘오늘부터 내가 니들 대장이다’ 라는 거만한 말에도 불만 없이 날 도와준 내 파트너 효정이, 넌 내가 언젠가 인생에서 한번은 내 목숨을 걸고 널 도와주겠다. 그리고 내 난동을 잘 달래준 연겸이, 선규, 응성이, 중훈, 평환이, 성규, 가람, 지원, 승진, 소현, 예승, 은수, 은정이 모든 실험실 인원에게 감사와 경의를 표하는 바이며, 이 논문에 미생물 실험 결과에 감수를 맡아준 홍엽이에게도 감사하는 바입니다. 또한 29 년 인생의 지긋지긋한 22 년 친구 태언이, 평생 게임만 하다가 결국 게임회사에 취직해버린 제종, 학교 6 년 다니는 동안 여자 친구 한명 없던 친구에게 뽀뽀하게 청첩장을 건내주던 심짱과 마동, 니들은 결혼식 때 기대해라 아주 그냥, 그리고 잘 하지도 못하는 오버워치 친구들이 한다고 억지로 배운 배철호, 좋은대학 다닌다고 억지로 영어감수를 맡은 창현이, 또한 즐거운 게임을 만들어준 오버워치 제작사 블리자드 일동에게 감사의 말씀을 드립니다. 마지막으로 이제는 볼순 없지만 내 심장과 추억 속에 함께 살고있는 내 친구 근철이와, 학교다니는 손자 뒷바라지 해 주시다 돌아가신, 못나고 무식한 불효자 손자가 학교를 너무 오래 다니는 바람에 졸업도 못 보시고 호강시켜 드리지도 못한 할머니께는 감사라는 인사도 너무 부족하지만, 지금까지도, 앞으로도 계속 사랑한다고 말씀드립니다.

- 1) 김진수 (2000). 식품냉동냉장학, 서울: 효일, 2003 개정판, pp 15~16
- 2) S Akhtar, MI Kha, F Faiz. (2013). "Effect of thawing on frozen meat quality; A comprehensive review", *Pakistan Journal of Food Science* 23(4). pp 198~211.
- 3) Tressler, Evers. *The freezing preservation of foods*. pp 620~624.
- 4) Gould, Grahame. *New methods of food preservation* pp 237~239
- 5) KH Cho, SH Park. (2009). "The development of high efficiency tempering system using microwave", *Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers*. 23(10). pp 69~74.
- 6) KW Farag, JG Lyng, DJ Morgan, DA Cronin. (2011). "A Comparison of Conventional and Radio Frequency Thawing of Beef Meats: Effects on Product Temperature Distribution". *J food bioprocess tech*. 4. pp 1128~1136.
- 7) YJ Zhao, WJ Henry (2003). "Computer simulation of capacitive radio frequency (RF) dielectric heating on vegetable sprout seeds". *Journal of Food Process Engineering* 26(3), pp 239~263.
- 8) JS Han, KL Lee. (2010). "A research of the effectiveness of far infrared ray and TDP therapy on the hair loss treatment". *Journal of Korean Society for Aesthetics and Cosmetology*. 8(1). pp 187~200.
- 9) JY Kong, JH Kim, MY Kim, SK Bae. (1992). "Effect of freezing conditions on the formation of ice crystals in food during freezing process". *Journal of Korean society of nutrition*. 21(2) pp 213~218.
- 10) M Francesco, L James, R Vittorio, MK, Brian (2007). "Radio-frequency heating of foodstuff: solution and validation of a mathematical model". *Journal of food engineering*. 79(3), pp 998~1006.
- 11) YJZ Yanyun, WJ Henry, (2003). "Computer simulation of capacitive radio frequency (RF) dielectric heating on vegetable sprout seeds". *Journal of food process engineering*. 26(3), pp 239~263.
- 12) BG Jeong, BH Kim. (2005). "Effect of reactor configuration and sludge bed fluidization on start up stage of anaerobic digester for treatment of wastes from fisheries consignment market". *Journal of environmental research* 5(1) pp 121~127.
- 13) 2015년도 해양수산 통계연보. 해양수산부
- 14) HG Lee, JH Lee. (2012). "A Study on the Package design improvement for Effective distribution of fisheries products - With communal fish market in Busan". *Journal of Korea design knowledge*. 21(3). pp 21~30.
- 15) 채수규, 강갑식, 마상조, 방광웅, 오문헌. (2002) 표준식품분석학, p714~715. 지구문화사. 서울. 한국.
- 16) AOAC International. (1995). "formerly the Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis". Arlington, VA: AOAC International.
- 17) Folch, J., M. Lees, G.H. Sloane-Stanley. (1957). "A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues". *Journal of biological chemistry*. 226(1), pp 497~509.
- 18) 日本厚生省編 (1960) 食品生指針 I. 揮發性鹽氣窒素, pp 30~43
- 19) 한국식품과학회. (2008). 식품과학기술대사전, 광일문화사,
- 20) Hamm, R. (1982). "Post-mortem changes in muscle with regard to processing of hot-boned beef". *Journal of food technology*. 37, p 105
- 21) Fennema, O. (1973). Water and ice. In "*Low temperature preservation of foods and living matter*". pp3. Marcel Dekker, New-york.
- 22) RG Kauffman, RG Cassens, A Scherer, DL Meeker. (1992). "Variation in pork quality: History-Definition-ExtentResolution. National Pork Producers Council Publication", Des Moines, Iowa. USA
- 23) "결합수". 식품과학용어사전. 식품과학회.

- 24) S Konosu, K Yamaguchi. (1982). In "Chemistry and biochemistry of marine food products" (Martine R.E, Flicke G.J, Hebard C.E, and Ward D.R. ed.) Avi Publishing. Company., Westport, Connecticut USA. pp 367-404.
- 25) S Konosu, K Watanabe, T Koriyama, T Shirai. K Yamaguchi. (1988). "Extractive components of scallop and identification of its taste-active components by omission test (in Japanese)." *Journal of Nippon Shokuhin kogyo gakkaiishi*, 35(4), pp 252~258.
- 26) KS Oh, DW Sung, JD Choi, EH Lee. (1991). "Changes in food components of dark, white fleshed fishes by retort sterilization processing". *Journal of Korean fish society*. 24(2). pp 123~129.
- 27) "제 6 수산물에 대한규격. 수산물일반에 대한 공통기준 및 규격". 식품공전.
- 28) Speck ML, Ray B. (1997). "Effects of freezing and storage on microorganisms in frozen foods: A review". *Journal of food Protection* 60. pp 333~336.
- 29) SH Ryu. (2010). "Antimicrobial resistance and characterization of the implicated genes in escherichia coli isolated from fish and seafood". *Ph.D. Thesis*. Dankuk Univ Korea. 69 pages.
- 30) MH Park, JE Kwon, SR Kim, JH Won, JY Ji, IK Hwang, MR Kim. (2012). "Physicochemical and microbiological properties of pork by various thawing methods". *Journal of the east asian society of dietary life*. 22(2). pp 298~304.
- 31) Hideo, T. (1984). "Eicosapentanoic acid and docosahexaenoic acid in marineanimal lipids". *Japan Eiyogaku Zasshi*. 42 pp 81~84.
- 32) Yagi, K. (1987). "Lipid peroxides and human disease. Chem. Phys. Lipides". 45 pp 337~340.
- 33) YO Lee, HS Cheigh. (1995). "Antioxidative effect of Kimchi on the lipid oxidation of cooked meat". *Journal of Korean society of food nutrition* 24(6) pp 1005~1009.
- 34) 채수규, 강갑석, 마상조, 방광웅, 오문현. (2002) 식품분석, p336, p347. 지구문화사. 서울. 한국.
- 35) JH Kim. (2008). "Drying process of Natural Cyclic Freeze-Thaw Dried Alaska pollack", *Master's Thesis*, Injae Univ. Korea. 52 pages
- 36) V Romano, F Marra. (2008). "A numerical analysis of radio frequency heating of regular shaped foodstuff". *Journal Food Engineering* 84(3), pp 449~457
- 37) JY Kim, KI Kwon, SY Ha, CH Hong. (2005). "Changes of ocntamination level of *Listeria spp.* during the processing environments in *Kimbab* restaurants". *Journal of food hygiene Safety*, 20(4), pp 232~236.
- 38) SK Bae. (1995). "Effects of freezing conditions on the concentration-efficiency in the progressive freeze-concentration". *Journal of Korean society of food nutrition*. 24(6), pp 984~989.
- 39) YJ Cho, (1987). "Biochemical activity of microorganism stored by the method of partial freezing". *Journal of Korean fish society*. 20(3). pp 185~190.
- 40) JS Kum, CH Lee, Q Han. (1998). "Effects of height for microwave defrosting on frozen Food". *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*. 27. pp 109~114.
- 41) Li B, Sun DW. (2002). "Novel methods for rapid freezing and thawing of foods a review". *Journal of food engineering* 54. pp 175~182.
- 42) He X, Liu R, Nirasawa S, Zheng D, Liu H. (2013). "Effect of high voltage electrostatic field treatment on thawing characteristics and post-thawing quality of frozen pork tenderloin meat". *Journal of food engineering* 115. pp 245-250.
- 43) KH Cho, SH Park. (2009). "The developmment of high efficiency tempering system using microwave", *Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers* 23(10), pp 69~74.
- 44) J Wang, K Luechapattaporn, Y Wang, J Tang. (2012). "Radio-frequency heating of heterogeneous food-meat lasagna". *Journal of Food Engineering* 108(1), pp 183~193.
- 45) NG Lee, SG Yoo, YJ Cho. (1999). "Optimum rheological mixed ratio of jumbo squid and

- alaska pollock surimi for gel product process”. Journal of Korean fisheries society 32(6) pp 718~724.
- 46) Kang, Sun-Moon, Kang, Chand-Gie & Lee Sung-Ki (2007). “Comparison of quality characteristics of Korean native black pork and modern genotype pork during refrigerated storage after thawing”, Journal of Korean food science animal resource 27, pp 1~7.
 - 47) Y Yang, YS Han, JH Pyeun. (1990) “Changes of the composition of nitrogenous compounds in globefish meat extracts by the cooking method”. Journal of Korean society of food science. 6(2). pp 85~96.
 - 48) BJ Taher, MM Farid. (2001). “Cyclic microwave thawing of frozen meat: experimental and theoretical investigation”. *Journal of Chemical Engineering and Processing* 40(4), pp 379~389.
 - 49) SW Jung, NJ Lee, KG Lee, KW Hong, SJ Lee. (2006). “Changes in microbiological contamination in tuna(*Katsuwonus pelamis*) of various thawing temperature”. *Journal of Food engineering progress*. 10(3) pp 186~191.
 - 50) 박영호, 창동석. (1997). 水産加工利用學. 螢雪出版社. 서울
 - 51) HN Song, DG Lee, SW Han, HK Yoon, IK.Hwang. (2005). “Quality changes of salted and semi-dried mackerel fillets by UV treatment during refrigerated storage”. Journal of Korean food and cookery Science, 21, pp 662-668.
 - 52) CY Yang. (1998). “Manufacturing conditions and quality of dried meat on the snow crab”. Journal of annual bulletin seoul health. 18. pp 153~163.
 - 53) SY Park. (2009). “Food quality evaluation of raw and salted mackerel collected at market in Busan”. Pukyong national Univ. Korea. 55 pages
 - 54) HS Kim, JW Hwang. (1990). “A study on manufacturing principle and process of fish paste”. Journal of 家政學研究. 6. pp 73~88.
 - 55) YJ Cho, TJ Kim, KB Shim, YS Lim, ST Kang, YJ Choi. (2000). “Effects of storage temperature and packaging methods on repression of lipid oxidation in plain dried large anchovy”. Journal of Korean fishery society. 33(4). pp 273~279.
 - 56) MF Slavik. (1988). “Effectiveness of grapefruit seed extract in eliminating *Salmonella typhimurium* from chicken carcasses. The results of trials tested in the agricultural experiment station”. *Ph.D. Thesis*. Arkansas Univ. USA
 - 57) CH Lee. (1997). “Effect of thermal processing and packaging materials on microbial growth of vacuum packaged a meat product during storage”. Journal of Korea society of packaging science and technology. 4(1) pp 33~40.
 - 58) MS Song, SJ Lee. (2002). “Effect of freezing-thawing cycles on physical properties of beef”. Journal of food engineering progress. 6(1). pp 101~108.
 - 59) YH Kim, SY Yang, MH Lee. (1990). “Quality changes of thawed porcine meat on the thawing methods”. Journal of Korean foods science technolgy 22(2) pp 123~128.
 - 60) HH Chun, EJ Choi, AR Han, YB Chung, JS Kim, SH Park. (2016). “Changes in quality of hanwoo bottom round under different freezing and thawing conditions”. Journal of Korean society food science and nutrition. 45(2). pp 230~238.
 - 61) YH Moon. (2013) “Changes in physical properties of ham and loin from low fat pork cuts during chilling after thawing”. Journal of east asian society dietary life 23(4) pp 487~495.
 - 62) JH Kim, (2008). “Drying process of natural cyclic freeze thaw dried alaska pollack”. *Master's Thesis*. Injae Univ. Korea. 52 pages
 - 63) SK Woo. (1997). “Effect of phosphate complex on the functional properties of fish meat paste”. Journal of Korean food nutrition 10(4) pp 544~548
 - 64) HR Jo, JH Seo. (2015). “Physicochemical and sensory properties of *Baekseolgi* prepared with different combinations of xylitol and sucralose”. Journal of Korean society food science and nutrition 44(9) pp 1339~1346.
 - 65) SH Kim. (1997). “Effect on the Quality of Emulsion-Type Sausage Manufactured with Frozen and Refrozen Pork”. *Master's Thesis*. Gunkuk Univ. Korea. 47 pages.