



해수 슬러리 얼음을 이용한 어류의 신선도 유지에 관한 물리적 분석 Physical Analysis of Keeping Freshness of Fish Using Seawater Slurry Ice

공경석* · 이남걸*** · 김재돌***

Kyung-Suk Kong*, Nahm-Gull Lee*** and Jae-Dol Kim***

(Received 16 September 2019, Revision received 14 October 2019, Accepted 16 October 2019)

Abstract: This study was conducted to see the effect of maintaining the freshness of mackerel caught offshore through physical analysis method in seawater slurry ice (SS), sea water cube ice (SC), tap water slurry ice (TS) and tap water cube ice (TC). In the rigor index change, TC was 19.8%, TS was 15.5%, SC was 10.4%, and SS was 5.2%. It took nine hours in TC, 15 hours in TS, 21 hours in SC, and 24 hours in SS to reach full rigor index. From these results, it was confirmed that the post rigid time of the mackerel in the seawater slurry ice phase was much slower. As a result of observing the weight change of the sample over time, TC tended to increase from the minimum of 214 g to the maximum of 234 g with storage time. TS changed from 217 g minimum to 229 g maximum. The SC changed from the lowest at 219 g to the highest at 229 g and the SS changed from the lowest at 215 g to the highest at 229 g. The greatest post-weight change occurred during cold storage by TC. As an indicator of freshness, mackerel's epidermis was maintained well for a certain period of time regardless of the storage method. The color data shows that slurry ice is more favorable on freshness surface than cubic ice, and sea water ice is more favorable for freshness and color change than tap water ice.

Key Words : Freshness of Fish, Seawater, Slurry Ice, Rigor Index, Hunter Value

1. 서 론

어패류는 축육류에 비해 부패, 변질하기 쉽고 또한 이의 억제에도 많은 어려움이 따르고, 일부

양식산을 제외하고 대부분 예기치 못할 때와 장소에서 다량 어획되는 경우가 많기 때문에 소홀히 취급하기가 쉽다. 어패류는 선상에서는 물론 소비지에 이르기까지도 부패를 억제할 수 있는

*** 이남걸(ORCID:https://orcid.org/0000-0003-4521-0303) : 교수, 동명대학교 식품영양학과

E-mail : eng@tu.ac.kr, Tel : 051-629-1712

*공경석(ORCID:https://orcid.org/0000-0003-4813-908X) : 대학원, 동명대학교 냉동공조공학과

***김재돌(ORCID:https://orcid.org/0000-0001-6438-0303) : 교수, 동명대학교 냉동공조공학과

*** Nahm-Gull Lee(ORCID:https://orcid.org/0000-0003-4521-0303) : Professor, Department of Food Science and Nutrition, Tongmyong University.

E-mail : eng@tu.ac.kr, Tel : 051-629-1712

*Kyung-Suk Kong(ORCID:https://orcid.org/0000-0003-4813-908X) : Graduate student, Department of Refrigeration and Air-Conditioning Engineering, Tongmyong University.

***Jae-Dol Kim(ORCID:https://orcid.org/0000-0001-6438-0303) : Professor, Department of Refrigeration and Air-Conditioning Engineering, Tongmyong University.

충분한 조치를 하여야 하는데 그 방법의 일환으로 저온유통(cold chain)이 있다.

연근해 어장에서 주로 어획된 고등어 같은 일시 다확성 어류는 육상으로 운반 시 저장방식이 주로 빙장에 의존하고 있다. 현재 널리 이용되고 있는 어류의 저온유통 수단은 주로 쇠빙에 의하고 있지만, 쇠빙을 어류냉각에 이용할 때는 특히 알맞는 사용량에 주의를 기울여야 하고, 쇠빙에 의한 냉각효과를 높이기 위하여 소금 등과 같은 기한제를 병용하기도 한다. 그러나 이런 방법은 육상에서 만들어진 얼음의 원수의 오염과 어창의 비위생적인 관리로 인하여 선도보존 효과가 떨어질 뿐만 아니라, 해빙수(담수)에 의한 다확성 어류의 표피색의 백탁화로 상품적인 가치가 상실된다. 또한 운반선에서 빙장한 어체의 실제온도는 얼음의 융해온도인 0℃보다 높은 온도가 유지되고 있다고 보고하고 있으며,¹⁾ 0℃ 전후에서 근소한 온도차이가 미생물활성에 큰 영향을 미친다고 보고하고 있다.¹⁾

최근에 연구가 많이 진행된 빙점부근에서의 연구들 즉, 육중에 함유되어 있는 수분의 일부만 얼려서 저장하는 부분 동결법 및 육에 빙점 강하제를 첨가하여 육의 빙점을 임의로 조정하여 저장하는 빙온 저장법 등의 연구보고들을 종합해보면 현재 사용되고 있는 빙장법으로는 얼음의 온도에 의하여 0℃까지 육온을 내려도 저장에는 한계성이 있음을 보고하고 있다.¹⁾

고등어는 우리나라의 연근해에서 가장 많이 어획되며 오래전부터 국민의 동물성 단백질의 공급에 중요한 몫을 차지하고 있으며, 소비자의 기호에 따라 70% 이상이 선어로, 냉동으로 약 27%, 통조림으로 5%, 염장품 등의 형태로 소비되고 있다(해양수산통계연보, 2017). 선어로 유통될때의 수송은 거의 빙장에 의존하고 있고, 그 유통량이 7~10월까지 하계 4개월에 50~60%가 집중되므로 선어의 선도유지가 중요한 문제가 아닐 수 없다

고등어 및 저온에 관해서는 동결 고등어의 품질유지에 관한 연구와 어상자의 단열효과에 관한 보고, 수송 중의 pH와 전기저항변화 및 어상자와 Dry Ice에 의한 철도 수송이 오징어의 선도에 미

치는 영향에 관한 보고가 발표된 바 있다.²⁾

본 연구에서는 연안에서 어획되는 고등어의 선도를 유지함과 동시에 비위생적인 요소들을 근본적으로 배제시키기 위하여, 최근에 연구되어지고 있는 해수 슬러리 얼음³⁻⁸⁾을 이용하여 연안의 어종인 고등어를 해수 슬러리 얼음, 해수 각 얼음, 담수 슬러리 얼음 및 담수 각 얼음에 각각 저장하면서 선도변화를 조사하여 각각의 저장 방식에 따른 선도변화 차이를 조사하여 향후 연안산 해산어류의 빙장 적용 자료로 이용하고자 한다.

2. 실험 및 방법

2.1 해수 슬러리 얼음의 특징

슬러리형 얼음은 눈(雪)과 같은 0.1~0.5 mm 크기의 구형 미세 얼음을 포함한 액체를 말한다. 슬러리형 해수제빙장치는 해수를 그 원수로 하여, 해수의 일부를 얼음으로 만드는 것이다. 하지만 만들어진 얼음 자체에는 염분이 거의 포함되지 않기 때문에, 해수 중의 얼음 비율(빙층전율 : IPF)이 증가함에 따라, 얼음을 제외한 해수 부분의 염분농도는 짙어진다.⁸⁾ 또한 염분 농도가 짙어짐에 따라 해수의 동결점은 낮아진다. 해수 농도에 따른 구체적인 상태 변화를 Table 1에 나타내었다. 해수 슬러리 얼음의 경우 원수로 사용되는 해수의 염분농도가 정해지면 슬러리형 얼음의 온도가 결정된다.

Table 1 Temperature of sea water slurry ice by the salt and ice concentration⁸⁻⁹⁾

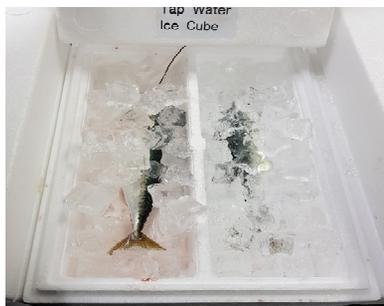
Ice packing factor(IPF) after ice making	Salt concentration of raw seawater	
	3.4%	2.0%
0%	-1.9℃	-1.1℃
10%	-2.1℃	-1.2℃
15%	-2.2℃	-1.3℃
20%	-2.3℃	-1.3℃
25%	-2.5℃	-1.4℃
30%	-2.7℃	-1.5℃
Mixing ratio (Seawater : Clear water)	10:0	6:4



(a) Seawater slurry ice (SS)



(b) Seawater Cube Ice(SC)



(c) Tapwater cube ice(TC)



(d) Tapwater slurry ice(TS)

Fig. 1 Storage of experiment material

슬러리형 얼음의 온도는 원액에 사용되는 해수나 염수의 동결점보다 약간 낮은 온도다. Table 1에서 해수 염분농도 3.4%를 이용하여 제빙을 할 경우 빙층전율이 0%인 경우 약 -1.9°C , 30%인 경우 약 -2.7°C 까지 슬러리형 얼음의 온도가 떨어지게 된다. 염분농도 2.0%의 경우 빙층전율이 0%인 경우 약 -1.1°C , 30%에서 -1.5°C 의 슬러리형 얼음의 온도가 된다고 보고되었다.^{3,4)} 따라서 어종에 따라서 적정 빙장 온도를 찾고, 빙장온도에 맞는 슬러리형 얼음을 제조하여야 하며, 슬러리형 얼음의 온도 제어를 위해서는 해수의 농도도 동시에 조절할 필요가 있다는 것을 알 수 있다.

슬러리형 얼음의 특징 중 하나는 냉열량이 큰 것이다. 이는 슬러리형 얼음의 냉열량에는 얼음이 녹을 때 발생하는 잠열이 포함되기 때문이다.

2.2 실험 재료

본 실험에 사용된 고등어((Mackerel, *Scomber japonicus*, 300 ± 50 g) 활어는 활어차로 공수받아서 Fig. 1과 같이 곧바로 얼음박스 내에 일반 담수 각 얼음(Tap Water Cube Ice : TC)과 담수 슬러리 얼음(Tap Water Slurry Ice : TS) 그리고 해수 각 얼음(Sea Water Cube Ice : SC)과 슬러리 얼음(Sea Water Slurry Ice : SS)으로 채우고 어체를 시료구로서 저장하면서 경시적으로 실험에 사용하였다.

2.3 실험 방법

수분은 105°C 에서 상압가열 건조법, 회분은 550°C 에서 건식회화법, 지질함량은 ether를 이용한 soxhlet법, 단백질함량은 Kjeldahl법으로 측정하였다.

사후경직도(Rigor-index)측정은 체장의 절반을 수평대위에 올려 고정시킨 다음 꼬리지느러미가 시작되는 부분에서 이동하는 거리까지의 길이 변화를 백분율로 계산하였다.¹¹⁾

색도변화는 식품 직시색차계(Minolta CR-300, Japan)로 표준 백색판을 대조구로 하여 CIE표준색차계에 의해 시료의 일정부위(등육부분)에 대하여 경시적으로 측정하였으며, 백색도는 L-3b값으로 나타내었고 갈변도 측정은 직시색차계로 측정하여 Rhim값에 의해 산출하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 일반성분

실험에 사용되어진 고등어의 성분 분석 결과를 Table 2에 나타내었다. 수분함량은 72.7%였으며, 단백질함량은 20.5%, 지질의 함량은 5.25%, 회분함량은 1.3%로 나타났다. 이러한 결과는 일상적인 고등어의 성분변화와는 다소 차이는 있으나 체구가 작은 고등어로서 대체로 지방함량이 낮은 경향이었다.

식품은 여러 가지 화학성분으로부터 되어 있지만, 주체는 수분, 단백질, 탄수화물 및 지질이다. 어패류의 육과 축육 사이에는 큰 차이가 있으며, 축육은 부위에 따라서 상당히 다른데 반하여, 어패육의 성분은 부위는 물론이고, 계절, 사료생물, 어획장소, 연령 등의 영향을 받으며 변동이 크다. 어패육의 주요 영양성분, 즉 일반조성은 계절별, 성장 단계별에 따라서 다른 값을 나타낸다. 본 연구에 이용되어진 고등어는 양식장에서 축양되어진 활어를 이용하여 실험에 사용하였으며, 이때 고등어의 어체는 다소 작은 체구를 사용하였다.

어패류의 일반 성분 함량은 수분이 70~85%, 단백질이 5~25%, 지방이 1~10%, 탄수화물이 0.5~1.5%, 그리고 회분이 1~2% 정도지만, 어패류

Table 2 Biological data of live chub mackerel

Sample	Total length (cm)	Body length (cm)	Body Weight (g)	Waste ratio (%)	Numbers of sample
Live chub mackerel	29.4	23.5	236	56	20

Table 3 Proximate compositions of live chub mackerel

Compositions	Sample	Live chub mackerel(wt%)
Moisture		72.7
Crude Protein		20.5
Crude Fat		5.25
Ash		1.3

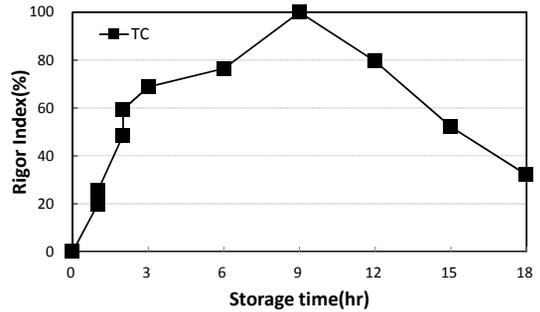


Fig. 2 Changes in rigor index of chub mackerel muscle during storage by tap water cubic ice(TC)

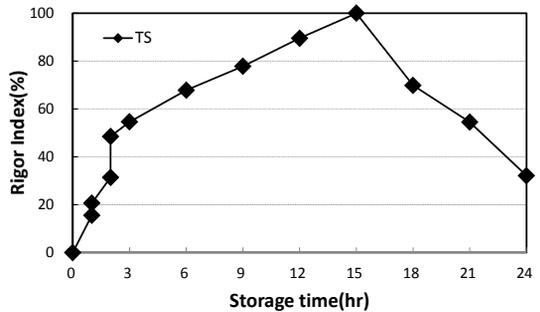


Fig. 3 Changes in rigor index of chub mackerel muscle during storage by tap water slurry ice(TS)

의 주요 성분은 어종, 암수, 크기, 어획시기, 어획장소, 선도, 어체 부위 등에 따라 다르게 나타난다.

3.2 사후 강직도 변화

동물이 죽으면 시간의 경과에 따라 근육이 수축하여 경화하고, 육의 투명도는 떨어져서 흐려지게 된다. 이러한 상태가 일정 시간 지속되는데, 이 현상을 사후경직(rigor mortis)이라고 한다. 사후경직은 물리적으로는 근육이 신전성(extensibility) 또는 탄성(elasticity)을 잃고 경직성(stiffness)을 나타내는 현상이다. 사후 경직이 일어날 때까지의 시간과 지속되는 시간은 어패류의 종류, 연령, 성분 조성, 생전의 활동, 죽음의 상태, 사후의 관리 및 환경, 온도 등에 따라 다르다. 또 같은 종류의

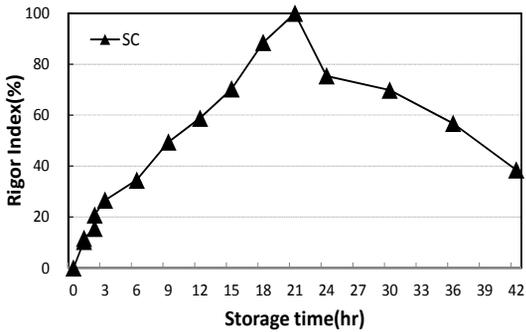


Fig. 4 Changes in rigor index of chub mackerel muscle during storage by sea water cubic ice(SC)

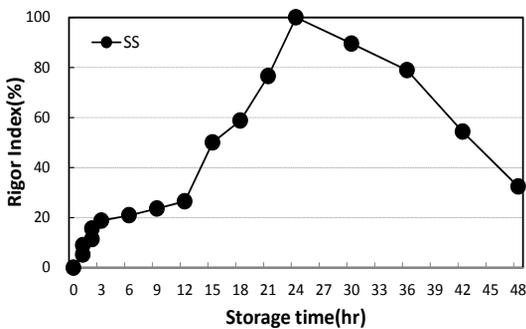


Fig. 5 Changes in rigor index of chub mackerel muscle during storage by sea water slurry ice(SS)

근육에서는 일반적으로 즉사한 경우가 고생사한 경우보다 사후경직이 늦게 시작되고, 지속되는 시간도 길다.

실험에 사용되어진 활고등어의 담수 각 얼음(TC), 담수 슬러리 얼음(TS), 해수 각 얼음(SC) 그리고 해수 슬러리 얼음(SS) 조건에서의 사후 강직도 변화를 Fig. 2~5에 나타내었다. 저장 1시간째에 TC는 19.8%, TS는 15.5%, SC는 10.4%, SS는 5.2%로 슬러리 얼음상의 얼음 저장구가 각 얼음에 비하여 다소 느리게 사후강직이 진행되었다.

완전경직에 도달하는데 TC의 경우, 9시간, TS의 경우 15시간, SC의 경우, 21시간, SS의 경우, 24시간이 걸린 것으로 확인되었으며, 완전경직이후 각각 경시적으로 해경이 진행되었다.

이러한 결과에서 해수 슬러리 얼음 저장의 고등어 경직시기가 많이 더디게 진행됨을 확인할 수 있었으며, 이로 인하여 선도의 유지기간이 길어지는 것을 알 수 있다.

3.3 사후 체중량 변화

체중변화 조사는 전자정밀저울을 사용하여 경시적으로 관찰하였다. 실험에 사용되어진 활고등어의 담수 각 얼음(TC), 담수 슬러리 얼음(TS), 해수 각 얼음(SC) 그리고 해수 슬러리 얼음(SS) 조건에서의 저장 중 체중 변화를 Fig. 6~9에 나타내었다.

어류 내의 수분함량은 어종과 서식처의 종류에 따라 매우 다르지만 보통 최소 2.7%, 최대 98.8%이다. 실제로 물은 모든 화합물 중에서 가장 중요

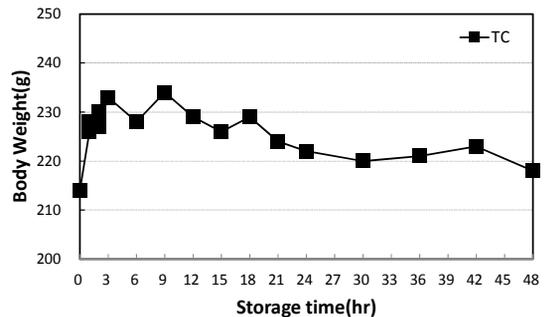


Fig. 6 Changes in body weight of chub mackerel muscle during storage by tap water cubic ice(TC)

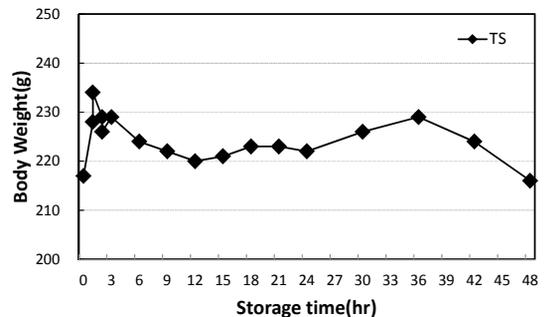


Fig. 7 Changes in body weight of chub mackerel muscle during storage by tap water slurry ice(TS)

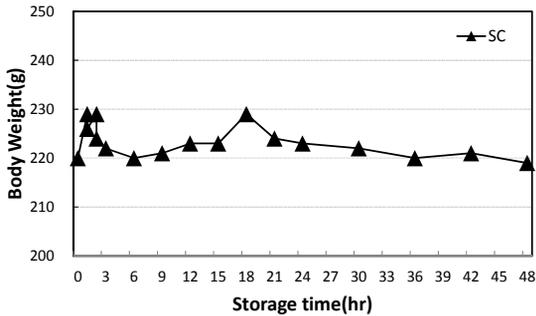


Fig. 8 Changes in body weight of chub mackerel muscle during storage by sea water cubic ice(SC)

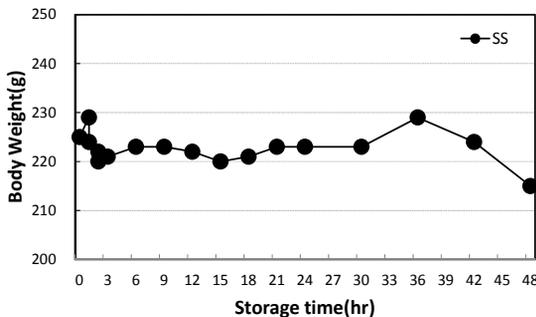


Fig. 9 Changes in body weight of chub mackerel muscle during storage by sea water slurry ice(SS)

하면서도 가볍게 취급되어 온 식품성분으로 식품 및 식품재료의 형태, 구조, 맛, 물성, 가공성 및 저장에 중요한 영향을 미치는 비영양 물질이다. 특히 수산업에 있어서 수분함량과 품질과의 관계는 곧 가격으로 이어지는 중요한 요인이었으며 현재 까지도 업계에서는 중요한 품질 및 가격요인으로 등장하고 있는 실정이다.

선어의 체중변화가 갖는 의미는 저장중 이화학적 변화에 따른 수분의 손실과 단백질의 분해 등으로 품질변화를 동반할 가능성이 있는 것으로 생각되며, 본 실험에서는 이러한 체중변화를 경시적으로 관찰한 결과, Fig. 6의 TC는 최저 214 g에서 최고 234 g으로 큰 폭의 변화는 없으나 저장시간이 경과될수록 증가하는 경향이였다.

Fig. 7의 TS는 최저 217g에서 최고 229 g으로

큰폭의 변화는 없었으며, Fig. 8의 SC는 최저 219 g에서 최고 229 g으로 큰 폭의 변화는 없었다. Fig. 9에서 SS는 최저 215g에서 최고 229 g으로 큰 폭의 변화는 없었다. 위 결과들로부터 사후 체중 변화는 각각의 저장방법에 따른 큰 차이가 없는 것을 확인할 수 있었다.

3.4 표피 색차 변화

표피 색차 변화는 2개의 지각색의 지각적 차이를 수치로 표시한 것이다. 표피의 색도변화는 색차계(minolta CR-300)를 사용하여 표준 백색판(L=96.89, a=+0.07, b=+2.49)을 사용하며, Hunter 색차계에 의한 L값, a값, b값을 측정하고, 시료의 몸통육 일정 부위에 대하여 경시적으로 측정 하였다. 이때 백색도(whiteness, W)는 식 (1)과 같이 계산하였다.

$$Whiteness(W) = (L^* - 3b^*) \quad (1)$$

어패류는 실로 다양한 체색이나 무늬를 나타내는데, 이러한 색조를 만들어내는 색소를 가지는 세포를 색소세포라 한다. 일반적으로 세포질 내에 있는 색소립이 멜라닌(melanin)을 주체로 하여 흑색 또는 갈색을 나타내는 것을 흑색소포(melanophore), 카로티노이드(carotenoid)나 프테리딘(pteridine) 등을 주체로 하여 황색을 나타내는 것을 황색소포(xanthophore), 적색을 나타내는 것을 적색소포(erythrophore), 퓨린(purine) 결정을 가져 백색을 나타내는 것을 백색소포(leucophore), 또 구아닌(guanine) 결정을 가져 진주빛으로 빛나는 것을 구아닌색소포(guanophore) 또는 홍색소포(iridophore)라고 한다. 그러나 이들 색소세포는 한 가지 색소만을 함유하는 일은 거의 없고, 대개 몇 가지 색소를 함유하는 일이 많다. 이러한 색소의 양적 배합에 따라 색상이 결정될 뿐만 아니라, 색소세포의 배열 및 중첩상태, 크기와 모양, 수축과 확장 등에 따라서 빛의 반사, 흡수, 산란 등에 영향을 미쳐 색채가 달라지게 된다.

색깔의 분류와 측정에 실제 사용되고 있는 방법은 C.I.E.체계(Commission International do l'Ecla

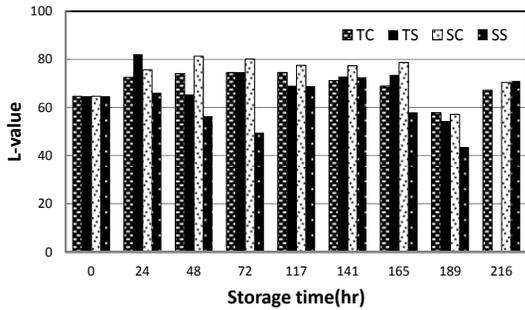


Fig. 10 Differences of L-value on chub mackerel skin during storage

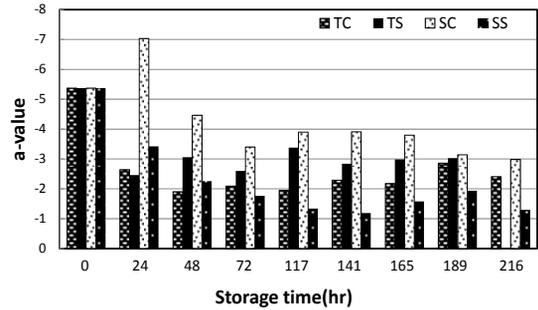


Fig. 11 Differences of a-value on chub mackerel skin during storage

irage - International Commission on illumination System), 이 중에서 특히 식품에 널리 사용되고 있는 먼셀 체계(Munsell system)와 헌터 체계 (Hunter system) 등이 있다. 본 연구에서는 고등어의 체표면에서 일어나는 색소의 변화를 헌터 체계 (Hunter system)를 이용하여 신선도의 척도로도 활용하였다.

Fig. 10에서 담수각 얼음(TC)은 초기 명도값에 비하여 서서히 증가하다가 저장 117시간째 최대의 값인 74.53을 나타내다 그 이후 감소하는 경향이였다. 담수 슬러리 얼음(TS)는 저장초기 24시간째에 최대치인 82.13을 나타내다가 그 값의 등락이 반복되었으나 서서히 감소되는 경향이였다. 해수 각 얼음(SC)은 초기 명도값에 비하여 저장 24시간에 75.64, 저장 48시간에 81.33값으로 최고치를 나타내다가 165시간까지 즉 저장 약 7일까지 높은 명도값을 유지하다가 그 이후 감소하는 경향이였다. 해수 슬러리 얼음(SS)은 초기 명도값에 비하여 저장 141시간에 72.49값으로 최고치를 나타내다가 그 이후 감소하는 경향이였다. 고등어의 표피 명도는 신선도의 또 다른 지표로서 저장방법에 관계없이 표피성분의 신선도는 일정기간 잘 유지가 되었다.

적색도(a-value)는 +영역이 적색도를 나타내고 -영역이 녹색도를 나타내는 지수값이다. 고등어의 경우 대체로 녹색도(-값)가 높게 나타나는 경향이었는데 이는 고등어의 섭생에 따른 클로로필의 축적에 따른 것으로 예상이 된다.

Fig. 11에서 담수 각 얼음(TC)은 초기 녹색의 색도값을 띠면서 서서히 적색쪽으로 증가하다가

저장 48시간째 최대의 값인 -1.9를 나타내다. 그 이후 감소하는 경향이였다. 담수 슬러리 얼음 (TS)는 저장초기 24시간째에 최대치인 -2.46을 나타내다가 그 값의 등락이 반복되었으나 큰 변화는 없었다. 해수 각 얼음(SC)은 초기 적색도값에 비하여 저장 24시간에 -7.03, 녹색도의 최고치를 나타내다가 저장기간 동안 일정한 녹색도를 유지하였다. 해수 슬러리 얼음(SS)은 초기 적색도값에 비하여 저장 141시간에 -1.19값으로 최고의 적색도 수치를 나타내다가 그 이후 유지되는 경향이였다.

황색도(b-value)는 +영역이 황색도를 나타내고 -영역이 청색도를 나타내는 지수값이다. 고등어의 경우 대체로 녹색도(-값)와 더불어 황색도값을 유지하는 경향이었는데, 이 또한 고등어의 섭생에 따른 클로로필과 함께 카로테노이드의 축적에 따른 것으로 예상이 된다.

Fig. 12에서 담수각 얼음(TC)은 초기 황색의 색도 값을 띠면서 서서히 청색쪽으로 증가하다가 저장 48시간째 최소의 값인 0.25를 나타내다. 그 이후 일정하게 유지하는 경향이였다. 담수 슬러리 얼음(TS)는 저장 48시간째에 최소치인 0.91을 나타내다가 그 값이 큰 변화가 없었다. 해수 각 얼음(SC)은 초기 황색도값에 비하여 저장 189시간에 -5.19로서 청색도의 최고치를 나타내다가 그 후부터는 청색도를 유지하였다. 해수 슬러리 얼음(SS)은 초기 황색도값에 비하여 저장 72시간에 -5.36값으로 최고의 청색도 수치를 나타내다가 그 이후 청색도가 유지되는 경향이였다.

4. 결론

본 연구에서는 연안에서 어획되는 고등어의 선도를 유지 효과를 보기 위해서 해수 슬러리 얼음, 해수 각 얼음, 담수 슬러리 얼음 및 담수 각 얼음을 대상으로 고등어의 선도 유지 효과를 물리적 분석 방법을 통해 조사하여 향후 연안산 해산어류의 슬러리 빙장 적용 자료로 이용하고자 한다.

사후강직도 변화에서는 저장 1시간째에 TC는 19.8%, TS는 15.5%, SC는 10.4%, SS는 5.2% 로 슬러리 얼음상의 얼음 저장 시료가 가장 느리게 후 강직이 진행되었다. 완전경직에 도달하는데 TC의 경우 9시간, TS의 경우 15시간, SC의 경우 21시간, SS의 경우 24시간이 걸린 것으로 확인되었으며, 완전경직 이후 각각 경시적으로 해경이 진행되었다.

이러한 결과에서 해수 슬러리 얼음기의 고등어의 경직시기가 많이 더디게 진행됨을 확인할 수 있었다.

본 실험에서는 시료의 중량변화를 경시적으로 관찰한 결과, TC는 최저 214 g에서 최고 234 g으로 저장시간이 경과될수록 증가하는 경향이였다. TS는 최저 217 g에서 최고 229 g으로 변화하였다. SC는 최저 219 g에서 최고 229 g으로 변화하였으며, SS는 최저 215 g에서 최고 229 g으로 변화하였다. TC에 의한 냉장보관시에 가장 큰 사후 중량변화를 보였으며, 나머지 방법은 유사한 경향을 보였다.

고등어의 표피 명도는 신선도의 지표로서 저장 방법에 관계없이 표피성분의 신선도는 일정기간 잘 유지가 되었다.

색도 데이터를 통해 볼 때 큐빅 빙에 비해 슬러리빙이 선도유지면에서 다소 유리하게 유지되었으며, 담수빙에 비해 해수빙이 선도 유지와 변색 없이 색도 유지에 유리한 것으로 나타났다.

Author contributions

N. G. Lee; Data curation, Formal analysis, Methodology, Supervision, Validation, Visualization

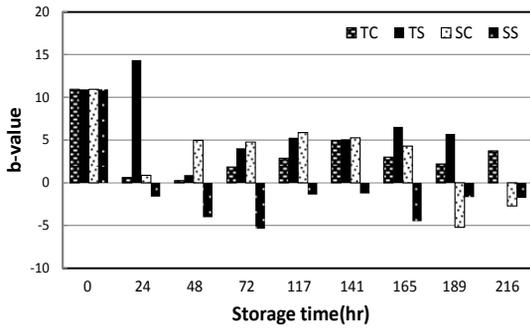


Fig. 12 Differences of b-value on chub mackerel skin during storage

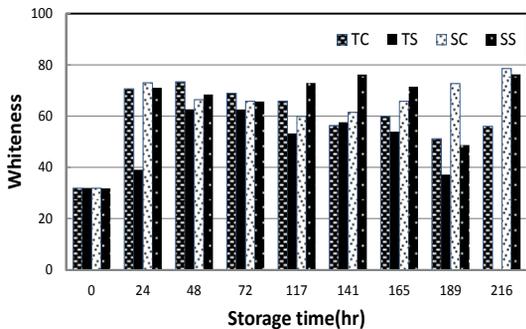


Fig. 13 Differences of whiteness on chub mackerel skin during storage

Fig. 13에서 백색도 변화를 각각의 저장방법에 따라 나타내었다. 담수각 얼음(TC)은 초기 백색의 색도 값이 24시간 동안 급격히 증가하였으며, 48시간에 최댓값을 가진 후 점점 감소하는 경향을 보였다. 담수 슬러리 얼음(TS)는 저장 48시간째에 최댓값을 나타내다가 72시간 이후 그 값이 감소하기 시작하였다. 해수 각 얼음(SC)은 초기 백색도에 비하여 저장 24시간에 백색도의 최고치를 나타내다가 그 후부터는 백색도를 유지하였다. 해수 슬러리 얼음(SS)은 초기 백색도에 비하여 저장 24시간에 최고의 백색도 수치를 나타내다가 그 이후 백색도가 유지되는 경향이였다.

이상의 색도 데이터를 통해 볼 때 각빙에 비해 슬러리빙이 선도유지면에서 유리하게 유지되었으며 담수빙에 비해 해수빙이 선도 유지와 변색 없이 색도 유지에 유리한 것으로 나타났다.

K, S, Kong; Funding acquisition, Project administration, Data curation. J. D. Kim; Conceptualization, Investigation, Resources, Writing- review & editing.

References

1. Y. J. Cho, C. G. Kim and K. H. Lee, 1988, "Effect of Refrigerated Sea Water on Keeping Freshness of sardine", Bull. Korean Fish. Soc., Vol. 21, No. 3, pp. 177-183.
2. J. W. Hur, N. K. Sung, J. G. Lee, S. H. Choi and J. K. Kim, 1980, "Studies on the Optimum Method of Cold Transport of Marine Products", magazine of the society of air-conditioning and refrigerating engineers of Korea, Vol. 9, No. 2, pp. 111-117.
3. D. H. Shaw and J. R. Botte, 1975, "Preservation of Inshore Male Capelin stored in Refrigerated Sea Water", J. Fish. Res. Board Can, Vol. 32, No. 11, pp. 2047-2052.
4. S. K. Choi, J. H. Peck, H. Hong and C. Kang, 2004, "Ice Slurry Formation Using a Sea Water with Additives", SAREK summer annual conference, pp. 424-429.
5. C. G. Moon, 2019, "Economic Analysis and Control Characteristics of Seawater Slurry Refrigeration System for Fishing Vessel", The J. of the Korean Soc. for Power Syst. Eng., Vol. 23, No. 2, pp. 112-117. (<https://doi.org/10.9726/kspse.2019.23.2.112>.)
6. C. G. Moon, 2019, "Field Control Test of Seawater Slush Ice Refrigeration System with Double-tube Evaporators", The J. of the Korean Soc. for Power Syst. Eng., Vol. 23, No. 2, pp. 56-65. (<https://doi.org/10.9726/kspse.2019.23.2.112>.)
7. J. I. Yoon et. al., 2018, "Experimental study on the characteristics of a sherbet type seawater ice maker using scraper", Journal of the Korean Society of Marine Engineering Vol. 42, No. 1, pp. 10-15.
8. C. H. Son, J. I. Yoon, K. H. Choi, H. K. Lee, K. S. Lee, C. G. Moon and S. H. Seol, 2017, "Effects of seawater flow rate and evaporation temperature on performance of Sherbet type ice making machine", IOP Conf. Series : Materials Science and Engineering 297. (<https://doi.org/10.1088/1757-899X/297/1/012069>)
9. K. G. Nayar, M. H. Sharqawy, L. D. Banchik and J. H. Lienhard, 2016, "Thermophysical properties of seawater: A review and new correlations that include pressure dependence", Desalination, Vol. 390, pp. 1-24.
10. UNESCO, 1983, "Algorithms for computation of fundamental properties of seawater", UNESCO technical papers in marine science 44, pp. 1-55.
11. Y. J. Cho and K. O. Cha, 1985, "Partial freezing as a means of long period preservation of fishes", Ref. Eng. Air Con. 4, pp. 9-18.