

GOVP1199800988

639.997
L2938

최 종
연구보고서

횃감용 즉살활어의 저온수송방법 및 장치개발

Studies on Developing Method and Equipment for Low
Temperature Transportation of Spiking Live Fish

연구기관

부 경 대 학 교

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “횃감용 즉살활어의 저온수송방법 및 장치개발에 관한 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

1997. 12. 20.

주관연구기관명 : 부경대학교

총괄연구책임자 : 조 영 제

연구원 : 최 영 준, 이 근 우

장 동 석, 윤 정 인

이 남 결, 임 영 선

김 세 환, 조 민 성

이 호 수, 유 승 균

요 약 문

I. 제 목

횃감용 즉살활어의 저온 수송방법 및 장치개발

II. 연구개발사업의 목적 및 중요성

1. 연구개발사업의 목적

활어의 일반적인 수송법인 물차에 의한 수송법은, 필요없는 대량의 물(80~85%)을 생산지에서 소비지까지 실어나르므로 수송경비의 증가요인이 될 뿐만아니라(연간 300여 억원의 수송경비), 수송중에 치사하는 문제점을 안고있다. 본 기술개발에는 이러한 단점을 해결하기 위하여 두가지 방법으로 접근하였다. 즉, 지금까지의 활어수송의 개념과는 전혀 다른 방법 즉, 축양장에서 전처리(마취사·무방혈)하여 냉각 상태로 수송하는 방법으로, 회맛에 가장 큰 영향을 미치는 육질의 쫄깃쫄깃함 및 미각이 상승되므로 수송중에 회맛이 좋아지며 위생적으로 안전한 회를 소비자에게 공급가능하게 한다. 그리고, 둘째는 상기방법의 단점인 짧은 선도유지기간을 연장시키고 또 현행의 물차에 의한 활어 수송법의 단점인 낮은 수송밀도를 높인다. 두가지의 활어수송방법의 확립 및 전용장치를 개발하므로서 수송경비의 대폭적인 절감을 가져올 수 있도록 할뿐만 아니라 활어유통업을 활성화시킬 것이다.

2. 중요성

현행의 물차수송법에 의한 활어수송법은 수송경비의 증대, 회맛저하, 폐혈증 파동 등의 여러가지 문제점을 안고 있으므로, 이러한 문제점을 해결할 수 있는 새로운 수송방법의 개발이 절실히 필요한 실정이다. 기술적, 경제적 및 사회적인 측면에서, 현행의 물차에 의한 활어수송법보다 상당한 장점을 갖고 있는 수송방법으로, 활어를 치사후에 저온으로 유지하면서 수송하는 방법 및 활어를 저온고밀도로 수송가능한 방법의 확립등은 기능성 식품으로 수요가 점점 증대되고 있는 생선회를 위생적 및 저렴한 가격에 공급가능할 뿐만 아니라, 생산원가의 절감 및 활어유통업 발전을 위해서도 대단히 중요하다.

Ⅲ. 연구개발사업의 내용 및 범위

1. 즉살활어의 냉장수송

가. 활어의 사후조기의 물리화학적 변화에 미치는 저장온도의 영향 :

즉살활어 냉장수송을 위한 최적온도를 찾기 위하여, 넙치를 즉살(두부강타)시킨 후에 부분동결(-3℃), 빙온(0℃), 냉장(5℃, 10℃)에 저장하면서 사후경직도, ATP관련 물질, 유산량, 유리아미노산, 파괴강도 등의 변화와 근원섬유의 형태학적 및 근육의 조직화적인 변화를 실험하였다.

나. 활어의 사후조기의 물리화학적 변화에 미치는 치사방법의 영향 :

활어의 치사방법이 사후조기의 물리화학적 변화에 미치는 영향을 검토하기 위하여 치사방법(즉살, 마취사, 전기자극사)을 달리하여 0℃에서 저장중에 사후경직도, ATP관련물질, 유산량, 그리고 파괴강도를 실험하였다.

다. 조리형태가 어육의 사후조기의 물리화학적 변화에 미치는 영향 : 생선회의 조리형태, 즉 넙치를 round, fillet, slice 형태로 조리하여 0℃에 저장중에 ATP관련물질, 유산량, 그리고 파괴강도의 변화를 실험하였다.

라. 치사후의 방혈 유무가 어육의 사후조기의 물리화학적 변화에 미치는 영향 : 넙치를 즉살후에 방혈 및 무방혈시킨 것을 0℃에 저장하면서 사후 경직도, ATP관련물질, 유산량, 그리고 파괴강도의 변화를 실험하였다.

마. 마취사 및 무방혈 상태로 저온저장중에 어육의 사후조기의 물리화학적 변화에 미치는 영향 : 넙치를 마취사후에 무방혈 상태로 0℃에 저장하면서 사후경직도, ATP관련 물질, 유산량 그리고 파괴강도의 변화를 실험하였다.

바. 냉각전에 生死의 차이가 어육의 사후조기의 물리화학적 변화에 미치는 영향 : 활어상태로 0℃ 해수에 바로침지, 그리고 마취사·무방혈의 round 상태로 0℃해수에 바로 침지하여 저장하면서, 사후경직도, ATP관련 물질, 유산량, 파괴강도등의 변화를 실험하였다.

2. 즉살활어의 동결수송

가. 동결 및 해동속도에 따른 넙치육의 파괴강도 변화 : 동결 방법(액체 질소, -15℃) 및 해동 방법(수도수, 공기)에 따른 육의 파괴강도 변화를 측정하였다.

나. 동결 및 해동속도에 따른 근육의 조직학적인 변화 : 동결 방법(액체질소, -15℃) 및 해동 방법(수도수, 공기)에 따른 근육의 조직학적인 변화를 육편을 만들어서 광학 현미경을 이용하여 관찰하였다.

다. 동결 저장 기간에 따른 육의 파괴 강도 및 ATPase 활성의 변화 : 동결 방법을 달리하여 저장하는 기간 중에 육의 파괴 강도 및 ATPase 활성의 변화를 실험하였다.

3. 활어의 저온·고밀도 수송

가. 활어를 고밀도로 대량 수송하기 위한 최적의 저온 : 활어의 운동량과 호흡량을 최저로 하고 저온 shock도 적게 받는 최적의 수송저온을 찾기 위하여, 각종 온도(0℃, 3℃, 5℃, 7℃, 10℃, 15℃)로 조정된 해수에 활어를 넣고 용존산소량의 감소 및 암모니아 생성량의 변화를 실험하였다.

나. 냉각 및 승온시에 온도차가 활어의 stress정도 및 치사에 미치는 영향 : 저온 대량수송을 위하여 양식 수온에서 저온의 수송수온으로 냉각, 그리고 저온의 수송수온에서 소비지 판매수조의 상온으로 승온시에 온도차로 인하여 활어가 받는 stress 정도 및 치사에 미치는 영향을, 온도차를 5℃, 10℃, 15℃, 20℃로 하여 표피색의 변화 및 움직임 등을 관찰하였다.

다. 저온·고밀도 수용 및 회복시에 혈액성분의 변화 : 활어를 저온·고밀도로 수송시에는 저온 및 고밀도로 인하여 stress를 받으며, stress가 심하면 치사하게 된다. 저온·고밀도 수용시 및 회복시에 활어가 받는 stress정도 그리고 회복시에 회복정도를 혈액성분(glucose, hemoglobin, GOT, GPT, LDH, triglyceride)의 변화로서 관찰하였다.

라. 저온·고밀도 수용 및 회복시에 근육성분의 변화 : 활어를 저온·고밀도 수용시에 stress정도 그리고 회복시에 회복정도를 근육성분(유산 및 ATP 관련물질)의 변화로서 관찰하였다.

4. 생선회의 위생적 안전성

가. 즉살 활어 생선회의 식중독 세균의 검출유무 : 생선회의 위생적 안전성 조사를 위하여, 즉살 활어를 0℃에서 저장하면서 *Salmonella*, *Pathogeniv*, *Vibrio*, *Staphylococcus*균의 검출 유무를 실험하였다.

나. 식중독 세균을 즉살 활어에 오염시킨 뒤에 균수 변화 : 생선회에서 제일 문제가 되고 있는 비브리오 패혈증의 원인균을 넙치육에 오염시킨 후

에 0℃에서 저장하면서 균수의 변화를 실험하였다.

다. 활어의 저온 대량 수송중에 식중독 세균의 변화 실험 : 넙치 활어에 장염 비브리오균을 인위적으로 오염시킨뒤에 10℃에서 18시간 저장 중에 균수의 변화를 측정하였다.

5. 즉살 활어 냉장 수송용기 개발

가. 즉살 활어 수송을 위한 수송 용기의 결정 : 활어의 종류 및 크기 등에 영향을 받지 않고, 또 저온 수송중에 어체온도 상승이 최저로 되면서 광범위하게 사용가능한 방열재 용기의 크기를 결정한다.

나. 냉각재의 종류에 따른 냉각속도의 차이 : 시판 ice-pack과 얼음을 냉각재로 하여, 방열재 용기에 즉살 활어와 냉각재를 넣고서 밀봉후에 상온에 수송중에 냉각재의 종류에 따른 냉각속도의 차이를 실험하였다.

다. 시판 ice-pack 및 얼음을 이용한 즉살 활어의 냉각 방법 : 상온의 즉살 활어를 수송온도인 0℃로 냉각하기 위하여 필요한 ice-pack 및 얼음량을 열량 계산으로 결정하였다.

6. 활어의 저온·고밀도 수송용기 개발

가. 활어조내의 수온강하법 : 냉동장치에 의한 수온 강하법과 ice-pack 및 얼음을 이용한 수온강하법의 장단점과 실용화의 문제점에 대하여 검토하였다.

나. 해수의 염분농도 저하에 의하여 활어가 받는 stress 및 치사시간의 검토 : 얼음을 수조에 넣어서 수온을 강하시에, 해수의 염분농도 저하에 따라서 활어가 받는 stress 및 치사시간을 실험하였다.

다. 얼음의 투입에 의한 염분농도 저하를 막는 방법 검토 : 얼음 투입에 의한 해수의 염분농도 감소로 활어가 받는 stress를 줄이기 위하여, 시

판 소금을 첨가하여 해수농도로 유지하였을 때 활어의 상태를 실험하였다.

라. 활어조내에 선반설치의 검토 : 활어를 저온·고밀도로 수송시에 고밀도(활어량이 약 50%)로 인하여 수조 밑부분에 적재된 활어는 하중을 받으므로 하중에 의한 stress로 치사하게 될 것이다. 따라서, 하중을 적게 받도록 하기 위하여 활어조내에 선반 설치로 stress 정도를 실험하였다.

마. 수조내의 해수온도 강하를 위하여 사용되는 얼음 및 소금량의 단가계산과 경제성 검토 : 활어의 수송 온도를 약 10℃로 할 경우에 상온에서 10℃까지 해수온도를 내릴때에 필요한 얼음량과, 얼음의 용해로 인한 해수의 염분농도의 저하를 막기위하여 필요한 소금 첨가량을 계산하여 경제성을 검토한다.

바. 활어를 저온·고밀도로 수송중에 외기침입에 의한 수조내 해수 온도 상승 정도 실험 : 활어를 저온(10℃), 고밀도(50%)로 수용하여 생산지에서 소비자까지의 수송(최대 10시간) 중에 외부로부터 수조내로 침입하는 열량에 의한 수조내 수온의 상승정도를 열량계산 및 실험하였다.

7. 실제 수송 예비실험

가. 즉살활어의 저온수송법

활어를 즉살·방혈 그리고 마취사·무방혈시킨 후에 스티로폼 상자에 ice-pack 및 쇠빙을 같이 넣고서 밀봉한 후에 10시간 상온에 방치후에 육의 물리·화학적 변화 및 관능검사를 하였다.

나. 활어의 저온·고밀도 수송실험

1) 넙치의 저온·고밀도 수송실험

제작된 소형 수송용기 및 시작품의 수조에 넙치를 온도(10℃), 밀도(50%), 적재높이(13cm 및 25cm)로 하여 실제로 수송중에 치사정도 및 외관의 변화, 그리고 수송후에 상온에 저장중에 생존기간 등을 관찰하였다.

2) 우럭의 저온·고밀도 수송실험

제작된 소형 수송용기 및 시작품의 수조에 우럭을 온도(10℃), 밀도(50%), 적재높이(13cm 및 25cm)로하여 실제로 수송중에 치사정도 및 외관의 변화, 그리고 수송후에 상온에 저장중에 생존기간 등을 관찰하였다.

3) 전어의 저온·고밀도 수송실험

제작된 소형 수송용기에 전어를 온도(10℃), 밀도(25%), 적재높이(13cm)로하여 실제로 수송중에 치사정도 및 외관의 변화, 그리고 수송후에 상온에 저장중에 생존기간 등을 관찰하였다.

IV. 연구개발사업 결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발사업 결과

가. 즉살활어의 냉각수송분야

1) 활어의 사후조기의 물리·화학적 변화에 미치는 저장온도의 영향

① 사후경직의 개시시간은 빙온(0℃) 및 부분동결(-3℃)보다 냉장(10℃)에서 연장되었고, 저장온도가 낮을수록 경직도가 높았으며, 완전경직의 유지시간도 길었다.

② ATP분해속도는 부분동결(-3℃)에서 가장 빨랐으며, 다음으로 빙온(0℃)이었고, 냉장(10℃)에서는 상당히 억제되었다.

③ 유산축적량의 온도의존성을 ATP분해속도의 온도의존성과 약간 다른 경향을 나타내었다. 즉, -3℃ 부분동결에서 유산의 축적이 가장 높은 반면에 5℃ 냉장에서 가장 낮았다.

④ 저장온도가 낮을수록 어육의 신선도 지표인 K값의 증가가 억제되었다.

⑤ 정미성분인 IMP의 축적은 저장온도가 낮을수록 빨랐다. 즉, -3°C 에서 가장 빨랐으며, 다음은 0°C 였고, 5°C 및 10°C 에서는 가장 늦었다.

⑥ Glutamic acid가 IMP와 상승작용을 하여 미각이 향상되는 맛의 상승효과도 저장온도가 낮을수록 상승효과가 컸었다.

⑦ 어육의 저작특성의 지표로서의 파괴강도의 변화를 측정한 결과는, 저장 10시간후에 -3°C 부분동결에서는 약 27%, 0°C 빙온에서는 약 25%, 5°C 냉장에서는 약 20%만큼 상승하였으나, 10°C 냉장에서는 약간의 상승만을 나타내었다. 그리고, 저장 10시간 이후부터 육의 파괴강도는 저하하였으며, 저장온도가 낮을수록 저하속도가 빨랐다.

⑧ 근원섬유의 형태학적 변화 및 조직의 변화를 관찰한 결과는 육의 파괴강도 변화와 연관성을 가졌다.

이상과 같이 즉살 직후의 조기단계에서 넙치육의 물리적, 생화학적, 그리고 물성적 변화의 온도의존성에 대하여 식품학적인 측면에서 검토한 결과, 일본에서 IKESHIME의 형태로 실용화되어 있는 10°C 저장 수송보다는 0°C 전후의 온도에서 약 10시간 저장하므로써 생선회를 먹을 때에 혀로 느끼는 미각의 상승, 그리고 씹을때에 이빨로 느끼는 촉감(쫄깃쫄깃함)의 상승을 가져올 뿐만 아니라, 신선도의 저하가 억제된다. 따라서, 즉살활어의 수송시의 온도는 0°C 전후로 유지해야 한다.

2) 활어의 사후조기의 물리·화학적 변화에 미치는 치사방법의 영향

① 사후경직의 개시시간은 즉살 및 마취사보다 전기자극사에서 가장 짧았다.

② 치사직후 육중의 ATP함량은 전기자극사에서 가장 낮았고, 마취사에서 가장 높았으며, 치사후의 저장중에 ATP분해 속도는 전기자극사, 즉살, 그리고 마취사의 순서였다.

③ 어육중의 유산량의 변화는 치사직후에 즉살에서 가장 낮았으며, 저

장중의 최대 축적량도 가장 낮았다. 한편, 전기자극사에서는 치사직후에 어육중의 유산축적량이 높았으며, 저장중의 최대 축적량도 가장 높았다.

④ IMP의 축적은 전기자극사에서 가장 빠르고 그 함량도 높았으며, 마취사에서는 가장 느렸다.

⑤ 육의 단단함의 지표인 파괴강도는 전기자극사일 때 치사직후에 최대값에 도달하였으며, 그 값이 즉살육보다 약 30% 증가하였다. 한편, 마취사에서는 파괴강도값이 최대값으로 되는 시간은 저장 약 13시간 후였다.

이상과 같이, 치사방법이 사후조기의 넘치육의 물리화학적 및 물성적 변화에 미치는 영향을 검토한 결과는, 활어의 수송을 위해서는 마취사시키는 것이 가장 바람직하며, 전기자극사는 치사직후의 육질의 단단함을 증가시키기 위해서 적합한 방법으로 생각된다.

3) 조리형태가 어육의 사후조기의 물리·화학적 변화에 미치는 영향

① ATP분해 및 유산생성 등의 화학적 변화는 조리형태에 따른 차이는 없었다.

② 육의 단단함의 지표인 파괴강도는 slice 형태로 조리한 경우에는 저장 7시간 후에 약간 상승하였으나 그후로 감소가 다른 조리형태보다 가장 빨랐다. 한편, fillet 및 round 상태로 조리한 경우는 저장 10시간후에 그 값이 약 25%까지 증가한 후에 감소하였다.

이상과 같은 조리형태에 따른 실험결과로부터, 대형백화점의 식품에서 slice형태로 판매하고 있는 생선회는 맛의 보존 기간이 짧기 때문에, 조리 형태를 fillet 또는 round 상태로 보존하면서 손님의 요구에 따라서 썰어주는 형태로 바꾸어야 할 것이다. 그리고, 즉살활어의 수송형태도 fillet 또는 round 상태로 해야만 할 것이다.

4) 치사후의 방혈유무가 어육의 사후조기의 물리·화학적 변화에 미치는 영향 : 축육은 물론이고 어육도 치사후에 방혈시키지 않으면 선도저

하가 촉진됨이 알려져 있으므로, 선도보존을 위하여 치사후에 바로 방혈시키는 것을 원칙으로 하고있다. 그러나, 생선회와 같이 사후조기에 날것으로 먹는 경우에는 혈액이 선도저하를 촉진시키기 보다는 혈액중의 성분이 근육수축의 에너지원인 ATP를 유지시키는 기간을 연장시킬 수 있을 것이다. 치사후의 방혈유무가 어육의 물리화학적 변화에 미치는 영향을 실험한 결과는 다음과 같다.

① ATP분해 및 유산생성등의 화학적인 변화는 무방혈이 방혈보다 억제되었다.

② 사후경직의 진행도 무방혈이 방혈보다 억제되었다.

③ 신선도 지표인 K값의 증가도 무방혈이 억제되었다.

④ 어육의 저장특성의 지표인 파괴강도의 변화는, 방혈은 저장 10시간 후에 최고값에 도달하였으나, 무방혈은 연장되어서 약 13시간후에 최고값에 도달하였다. 그리고, 최고값에 도달한 후의 감소 속도도 무방혈이 완만하였다.

이상과 같이 즉살활어를 방혈하지않고 냉각저장하므로써 어육의 물리화학적 변화가 억제됨을 확인하였으며, 이러한 결과는 즉살활어를 무방혈 상태로 수송 또는 보관하는 것이 생선회의 맛의 보존성을 높이는 데 효과가 있음을 시사하는 것이다.

5) 마취사 및 무방혈이 어육의 사후조기의 물리·화학적 변화에 미치는 영향 : 마취사시킨 것이 즉살시킨 것보다, 그리고 무방혈시킨 것이 방혈시킨 것보다 사후조기의 어육의 물리화학적 변화가 억제됨을 확인하였으므로, 치사방법을 마취사로 하고 무방혈 상태로 0℃에 저장하였을 때의 어육의 물리화학적인 변화에 대하여 실험한 결과는 다음과 같다.

① ATP의 분해 및 유산 생성 등의 화학적 변화가 가장 억제되었다.

② 사후경직의 진행도 다른 방법보다 가장 늦었다.

③ 어육의 파괴강도의 변화는 저장 7시간부터 높은값을 나타내어 저장 20시간 까지 유지되었다.

6) 냉각전의 生死의 차이가 어육의 사후조기의 물리화학적 변화에 미치는 영향

① 활어상태로 0℃ 해수에 바로 침지한 것이 사후경직도의 상승, ATP 분해, 유산량 증가 및 육의 파괴강도의 증가가 마취사·무방혈 상태로 0℃ 해수에 바로 침지한 것보다 빨랐다.

이상의 사후조기의 어육의 물리화학적 변화에 영향을 미치는 요인들을 검토한 결과로 부터, 활어를 마취사시킨 후에 방혈하지 않고 0℃전후로 보존하여 수송하므로써, 육질의 단단함의 상승은 물론이고 상승된 육질의 단단함의 보존기간을 연장시키는데 효과가 있으므로, 생선회의 수송에 활용 가능할 것이다.

나. 즉살 활어의 동결 수송

1) 동결 및 해동 속도에 따른 넙치육의 파괴강도 및 ATP관련 물질의 변화 : 넙치육을 액체질소동결(-90℃저장) 및 -15℃동결(-15℃저장)하여 3일동안 저장후에 해동방법을 달리하였을 때의 파괴강도 및 ATP 관련 물질의 변화는 다음과 같다.

가) 파괴 강도의 변화

① 동결속도는 급속동결한 것이 완만동결한 것보다 해동경직에 의하여 육의 파괴강도값이 더 많이 증가하였다.

② 해동속도는 공기해동(완만)보다는 유수해동(급속)한 것이 육의 파괴강도값이 더 많이 증가하였다.

나) ATP 관련 물질의 변화

① 근육 중의 ATP 관련 물질의 변화는 동결속도 및 해동속도에는 큰 영향을 받지않았으며, 해동 후에는 ATP가 급격히 감소하였고, IMP가 증

가하였다. ATP의 급격한 감소로 해동경직에 의한 actomyosin toughness의 증가로 파괴강도가 증가하는 것으로 해석된다.

2) 동결 및 해동속도에 따른 근육의 조직학적 변화 : 급속동결(액체 질소)한 것은 3일 동안 저장중에 조직의 변화가 거의 관찰되지 않았으나, 완만해동하였을 경우는 해동속도의 영향으로 조직의 파괴가 약간 관찰되었다. 한편, -15°C 에 동결저장한 것은 해동속도에 관계없이 조직의 파괴가 현저하게 관찰되었다. 완만동결에 의한 이러한 조직의 파괴는 background toughness의 저하로 육의 파괴강도가 저하하는 원인이 된다.

3) 동결기간에 따른 육의 파괴강도 및 ATPase활성의 변화

가) 육의 파괴강도 변화

액체질소로 동결하여 -90°C 에서 저장중에, 저장 3일 후에 파괴강도의 값이 최대로 증가하였고 그 이후로 감소하였다. 한편, -15°C 에 동결 저장한 것은 저장기간이 길어짐에 따라서 그 값이 저하하였다.

나) ATPase 활성의 변화

액체질소로 급속동결하여 -90°C 에 저장한 것은 저장 초기에 $\text{Mg}(+\text{Ca})$ -ATPase 활성의 증가가 완만동결(-15°C)보다 높았으며, 저장기간이 길어짐에 따라서 급속 및 완만동결 모두 감소하였다.

다. 활어의 저온고밀도 수송

활어를 치사시키지 않고 저온에서 가사상태로 하여 대량수송하기 위한 기초실험의 결과는 다음과 같다.

1) 활어를 고밀도로 대량수송하기 위한 최적저온

① 각종온도(0°C , 3°C , 5°C , 7°C , 15°C)로 조절된 수조에 공기주입을 하면서 넙치의 치사시간을 관찰한 결과, 5°C 이하의 온도에서는 cold shock에 의한 사멸, 5°C 이상의 온도에서는 생성된 암모니아 때문에 치사하였다.

② 고밀도(50%)로 조절하여 최적 수온인 10°C 에서 18시간 동안 폭기

상태로 저장중에 stress는 받았지만, 치사하는 것은 없었다.

2) 냉각 및 승온시에 온도차가 활어의 stress 및 치사에 미치는 영향

냉각 및 승온시에 온도차가 10℃까지는 온도차에 의하여 활어가 받는 stress는 미미한 것으로 판단되었으며, 온도차 15℃에서는 표피 색깔이 많이 변할뿐만 아니라 움직임이 심하였다. 그리고, 냉각보다는 승온시에 온도차에 의한 stress가 더 큰 것으로 판단된다.

3) 저온·고밀도 수용 및 회복시에 혈액성분의 변화

활어를 저온·고밀도(10℃, 50%)로 수용시에 받은 stress는 저장시간이 길어짐에 따라서 혈액성분(glucose, hemoglobin, GOT, GPT, LDH 및 triglyceride)의 증가로 나타났으며, 상온저밀도(18℃, 5%)에서 회복시에 저장 4~6시간 후에 정상상태로 회복되었다.

4) 저온·고밀도 수용 및 회복시에 근육성분의 변화

저온고밀도 수용시에 근육성분의 변화도 혈액성분의 변화와 유사한 경향을 나타내었다. 즉, 18시간 동안 저온고밀도로 수용시에 젖산의 증가 및 ATP량이 감소하여 활력도가 저하하였고, 회복조건에서 4~6시간 후에 정상상태로 회복되었으며, 치사하는 것은 없었다.

이상의 결과로 부터, 활어를 10℃ 저온으로 하여 수송하면 수송밀도를 50%이상 상승시킬 수 있어서 일시에 대량수송이 가능하므로, 전용수송용기의 개발로 활어의 저온고밀도 수송을 산업화시킬 수 있을 것이다.

라. 생선회의 위생적 안전성

1) 즉살활어 생선회의 식중독 세균의 검출유무 : 즉살활어를 -3℃, 0℃, 5℃, 10℃에서 저장하면서 생균수의 변화를 조사한 결과, 생균수는 모든 시료에서 저장 20시간까지 300/g 이하였다. 본래 활어의 근육속에는 세균이 없으며 사후 내장으로 부터 근육으로 이행하는 것으로 알려져 있

다. 식중독세균인 *Samonella*, *Pathogenic Vibrios*, *Staphylococcus*는 검출되지 않았다.

2) **활어의 저온·대량 수송중에 식중독 세균의 변화실험** : 넙치 활어에 장염비브리오균을 접종하여 10℃에 저장중에, 최초 4시간까지는 감소하다가 8시간 이후부터 최초균수와 비슷한 값을 나타내었으나, 저장 18시간까지 유의할 만한 균의 증식은 없었다. 따라서, 활어를 10℃로 수송중에 식중독균의 증식에 의한 위생문제는 전무한 것으로 판단된다.

마. 즉살활어 수송 냉장용기 개발

1) **즉살활어 수송을 위한 용기의 크기 및 결정** : 생선회로 가장 많이 소비되는 활어는 넙치 (중량 500~600g, 크기 32~36cm, 폭 13~15cm, 높이 9~9.5cm)이다. 따라서, 즉살 활어를 수용할 수 있는 용기의 폭은 36cm는 되어야 할 것이며, 수송 중에 외부로부터의 열의 침입을 막을 수 있는 방열상자여야 한다. 따라서 수송용기로는 시중에 유통되는 방열상자 중에서 크기 37.5cm×56cm×25.5cm(두께 2.5cm)의 스티로폼 상자를 사용 가능하다.

2) **시판 ice-pack 및 썰빙을 이용한 즉살 활어의 냉각 및 수송** : 시판 ice-pack 및 썰빙 모두 즉살 활어의 냉각재로 사용가능할 것이다. 시판 ice-pack의 경우 융해잠열이 얼음보다 약간 적을 뿐만 아니라 수거하여 동결시킨 후에 재사용하여야 하므로 관리 측면에서 어려운 점이 예상된다. 썰빙의 경우는 융해잠열이 크고 전국 어디서나 손쉽게 구할 수 있으며, 사용 후에 수거 등의 관리 문제가 전혀 필요없으므로 즉살활어수송의 냉각재로 최적의 것으로 판단된다. 그러나, 냉각 및 수송시에 얼음이 융해한 물의 처리 문제의 해결이 필요할 것으로 생각된다. 한편, 냉각장치가 장착된 냉각수송차로 활어를 냉각 및 수송하는 것이 회맛향상 및 유지를 위하여 가장 바람직한 방법일 것이므로, 앞으로 전용냉각장치의 개발이 필요하다.

바. 활어의 저온·고밀도 수송용기 개발

1) 활어조내의 수온강하법 :

① 냉동장치에 의한 수온강하 : 상온의 해수를 최적의 저온·고밀도 수송온도로, 트럭에 장착된 냉각장치로 냉각하는 방법이 가장 바람직하지만, 고가의 설비비가 들 뿐만 아니라 수송중에 흔들림 등에 견딜 수 있는 전용 냉동장치 개발 및 동력 공급원 등의 문제 해결이 선행되어야 실용화 될 것이므로, 현재로서는 실용화가 어렵다.

② 축냉제에 의한 수온강하 : 시판 축냉제의 용해온도가 0℃이므로 활어의 저온·고밀도 수송 최적 온도인 10℃와의 온도차가 큰점 및 해수를 냉각시에 수조내에서 차지하는 부피로 인하여 활어의 수송밀도 감소, 그리고 사용후에 재사용을 위해서는 수거한 뒤에 재동결시키는 등 관리측면에서도 문제가 있다. 국내에서 대형건물의 축냉제(용해온도 8.3℃)로 개발된 것이 있으나, 이 제품은 용해잠열이 22.8kcal/kg으로 얼음의 약 30% 정도로 활어수송에 사용은 부적합한 것으로 판단된다.

③ 얼음에 의한 수온강하 : 얼음을 이용하는 경우는 얼음첨가로 해수의 염분농도의 저하로 인하여 활어가 stress를 받거나 치사하므로, 염분농도 강하를 막는 방법의 검토가 필요하다. 상기의 수온강하법 중에서 얼음을 이용하는 경우 해수의 염분농도 저하 문제 해결에 대하여 검토하였다.

2) 해수의 염분농도 저하에 의하여 활어가 받는 stress 및 치사 시간 : 각종 염분농도로 조정하여 10℃에서 18시간 저장 후에 상온의 일반해수에 저장시에 활어가 받는 stress 현상 및 치사시간을 관찰한 결과, 오징어가 stress를 가장 심하게 받았을 뿐만 아니라 치사시간도 가장 빨라 24시간 정도에 치사하였고, 우럭은 염분농도 2.5%시에 3일 후에 치사하였으며 넙치는 염분농도 2.5%에서도 1주일 이상 생존하였다. 그러나, 염분함량이 낮은 조건에서 저장시에 치사하지는 않지만 거품이 많이 발생되었으

며 지느러미 부분에 붉은 반점이 생기는 등의 현상이 나타났다.

3) 얼음 투입에 의한 염분 농도 감소를 막는 방법 : 해수온도를 약 10℃ 낮추기 위해서는 필요한 얼음량은 약 12%, 그리고 20℃ 낮추기 위해서는 약 20%의 얼음이 필요하다. 얼음의 투여로 저하한 해수의 염분농도를 시판하는 소금을 첨가하므로써 해결이 가능하다. 수조내의 해수온도를 낮추기 위하여 필요한 얼음량과 얼음 첨가에 의하여 저하한 염분농도를 높이기 위하여 첨가해야할 소금량을 계산하여 첨가한 후에 활어 수송실험을 한 결과, 활어는 stress를 거의 받지 않았으며 치사하는 것은 없었다.

4) 활어조내에 선반설치 : 활어를 저온·고밀도로 수송시에 활어의 수용밀도가 50% 이상이 되므로, 수조 밑바닥에 수용된 활어는 하중으로 인한 stress로 치사하게 될 것이다. 하중을 적게 받게하기 위하여 활어조내에 선반을 설치하여 적재 높이를 13cm 와 25cm로 쌓아서 stress 정도 및 치사유무를 실험한 결과, 적재높이가 25cm인 경우에도 stress는 받지만 치사하는 것은 없었다. 따라서, 현행 사용되고 있는 활어 물차도 수조에 선반을 설치하여 2단 또는 3단으로 하면 활어의 저온·고밀도 수송이 가능할 것이다.

5) 수조내의 해수온도 강하를 위하여 사용되는 얼음 및 소금량의 단가 계산과 경제성 : 상온과 수송 활어조의 온도차에 의하여 활어가 받는 stress가 최소인 온도차 10℃인 경우에 필요한 얼음과 소금의 단가는 1톤 트럭에서는 8,070원, 2.5톤 트럭에서는 15,970원, 5톤 트럭에서는 30,994원이다. 그러나, 이러한 추가 금액은 냉동장치 설비비와는 비교도 되지않을 뿐만 아니라, 활어의 수송밀도를 현행의 2~3배 수송 가능하므로 수송경비의 대폭적인 절감이 가능하다.

6) 활어를 저온·고밀도로 수송중에 외기침입에 의한 수조내 해수온도 상승 정도 : 활어를 저온(10℃)·고밀도(50%)로 수용하여 생산지에서

소비지까지 수송중(최대 10시간)에 외부로부터 수조내로 침입하는 열량에 의한 수조내의 수온상승 정도는 약 1℃ 만큼 수온이 상승된다(2.5톤 트럭). 그러나, 수송시에 수조내의 수온이 약 1℃ 상승에 따른 활어가 받는 stress는 거의 없는 것으로 판단된다.

사. 실제 수송 예비실험

1) 즉살활어의 저온수송실험

활어를 마취사·무방혈 상태로 ice-pack과 같이 스티로폼 상자에 넣고 상온에 저장시에 어육의 온도는 약 3℃/hr로 냉각되었고, 저장 10시간 후에 육질의 단단함은 치사 직후보다 약 15~20% 상승되어 있었으며, 관능 검사 결과도 양호하였다.

2) 활어의 저온·고밀도 수송실험

가) 넙치의 저온·고밀도 수송실험

시판 스티로폼 용기에 넙치(50% 밀도)를 적재높이(13cm 및 25cm)로 하고, 해수온도를 얼음과 소금을 투입하여 10℃로 조정 한 후에 약 10시간 차(車)로서 수송후에, 상온의 해수로 옮겨서 치사유무 및 외관의 변화를 관찰하였으나, 치사하는 것은 없었으며 수송후에 상온에서 약 1주일 이상 생존하였다.

나) 우럭의 저온·고밀도 수송실험

시판 스티로폼 용기에 우럭(50% 밀도)을 적재높이(13cm 및 25cm)로 하고, 해수온도를 얼음과 소금을 투입하여 10℃로 조정 한 후에 약 10시간 차(車)로서 수송후에, 상온의 해수로 옮겨서 치사유무 및 외관의 변화를 관찰하였으나, 치사하는 것은 없었으며 수송후에 상온에서 약 1주일 이상 생존하였다.

다) 전어의 저온·고밀도 수송실험

시판 스티로폼 용기에 전어를 밀도(25%)로 하여 적재높이(13cm)로 하

고 해수온도를 10℃로 조정한 후에 약 6시간 차(車)로서 수송후에 상온 및 10℃의 물(담수:해수 = 6:4)에 옮겨서 치사유무 및 외관의 변화를 관찰한 결과, 25% 밀도로 수송한 후에 저밀도(5%)로 상온 저장한 것은 12시간 전 후에 치사율이 높았지만, 10℃(5%밀도)에 저장한 것은 30시간까지는 치사율이 낮았다.

아. 실제 수송 실험

1) 즉살활어의 저온수송실험

활어(넙치, 우럭)를 마취사·무방혈 상태로 썬빙과 같이 스티로폼 상자에 넣고 10시간 동안 상온에 저장한 후에 맛, 선택등의 관능검사를 한 결과, 15시간까지는 즉살직후와 유사한 평가를 받았다. 이와같은 결과는, 최근들어서 각광을 받고있는 생선회 체인점에 직접 활용될 수 있을 것이다.

2) 활어의 저온·고밀도 수송실험

활어(넙치, 우럭)를 시작품으로 제작한 활어수송용기(50%밀도, 3단, 10℃)에 수용하여 약 11시간 동안 수송후에 활어판매점의 활어조에 옮겨서 판매하였으며, 수송중 그리고 판매기간(3일)동안에 치사하는 것은 없었다. 더욱이, 현행의 물차에 의한 수송법보다 약 2~3배 정도의 활어수송이 가능하므로, 수송경비의 대폭적인 절감효과가 있다.

2. 활용에 대한 건의

우리 국민들의 회를 먹는 습관은 활어를 소비자가 보는 앞에서 조리사가 바로 회를 뜬 것을 최고로 치기 때문에 활어를 생산지에서 소비지까지 살아있는 상태로 수송하고 있다. 그러나, 현행의 물차에 의한 활어수송법은 수송경비의 과다로 활어값이 비싸지는 원인이 되며, 생산자 및 소비자 모두의 부담이 되고 있다.

본 연구에 의한 활어를 마취사·무방혈 상태로 저온(0℃)으로 수송중

에 회맛이 상승한다는 식품학적인 연구결과는, 현행의 활어수송법을 바꿀 수 있는 획기적인 것으로 사료되며, 최근들어서 전국적으로 확대되고 있는 생선회 chain점에 본 연구결과가 적용가능할 것이다. 또, 활어를 대량으로 수송하기 위한 저온고밀도수송법은 현행의 물차 수송법보다 약 2~3배 정도의 활어수송이 가능하므로 수송경비의 대폭적인 절감이 가능할 것이다.

상기와 같은 연구결과는 현장에서 바로 적용 가능한 기술로 활어수송업에 크게 기여할 것이므로, 관련 산업에 적용이 될 수있는 홍보와 지원이 필요할 것이다.

SUMMARY

I . Title

Studies on developing method and equipment for low temperature transportation of spiking live fish.

II . Purpose and significance

Farming of maricultured fish has been rapidly developed these days and the total production was approximated to about 8.360M/T in 1995, plaice and rockfish was 94.3% of total maricultured fish. Almost all of these maricultured fish has been eaten as raw fish flesh, “*sashimi*” . Especially, plaice and rockfish has been known as high quality *sashimi*, because the firmness of these fish flesh is excellent.

Transportation of live fish for *sashimi* is commercially important because the consumption has been increased and the total cost of transportation from farmer to consumer is estimated about 30 billions won a year.

The condition of live fish transportation is 80~85% sea water and 15~20% live fish in container with oxygen supplying on the truck. Therefore, the transportation cost of live fish is high.

New method development of live fish transportation is essential to have competitive power for import opening of live fish from July of this year and decrease the cost of live fish transportation.

Sanitary safety of *sashimi* is very important for health, too.

III. Contents and scopes

This study consists of two parts, new method development of killed fish transportation and improvement of live fish transportation and development of transporting container for live fish.

To achieve the new method of cold transporting conditions of killed fish for *sashimi*, the effect of storage temperature, killing method preparing form, with or without bleeding and the difference of life and death before cooling on the physicochemical and rheological properties of plaice muscle were studied.

To develop the low temperature-high density transporting conditions and transporting container of live fish, the optimum low temperature of live plaice and rockfish was checked and the change of serum components (hemoglobin, glucose, GOT, GPT, LDH and triglyceride) and muscle components (lactate, ATP and related components) were studied at the condition of stress {low temperature (10°C)-high density (50%)} and recovery (18°C, 5%). In addition, the effect of temperature difference and loading height on stress and death ratio of live fish were also carried out.

To evaluate sanitary condition of *sashimi* during transportation of spiking live fish and live fish. Viable cell count and poisoning bacteria were checked during transportation.

IV. Results and Recommendations

New method of cold transporting conditions of killed fish for *sashimi*

1. Effect of storage temperature

ATP in samples stored at 10°C were decomposed more slowly than that in sample stored at around 0°C. The maximum and highest ratio of IMP and lactate accumulation were shown at around 0°C.

The maximum breaking strength of samples stored at around 0°C were reached within 10hrs and then drop significantly ($P < 0.05$).

Due to muscle contraction, it was not easy to distinguish H-band from A-band observed in muscle stored at 0°C within 13hrs, and almost of Z-line was dismissed after 20hrs storage. The changes in morphological myofibrils was related with the breaking strength, clearly. Any extracellular space was not observed among muscle stored at 0°C within 10hrs using light microscope.

2. Effect of killing method

The longest onset time of rigor and full rigor noted in the samples killed by dipping in sea water including anesthetic among all samples.

ATP breakdown and lactate accumulation in samples killed by dipping in sea water including anesthetic was retarded more slowly than spiking and electrifying.

The samples killed by electrifying showed maximum value of breaking strength immediately after killing and then it dropped

significantly ($P < 0.05$) until 2.5hrs passed. The other hand, values of breaking strength in samples killed by dipping in sea water including anesthetic rose steadily over 13hrs after killing.

3. Effect of preparing form

There was no difference of ATP breakdown and lactate accumulation changes in samples by preparing form through storage.

The maximum breaking strength of samples prepared such as fillet and round form were reached within 10hrs and then dropped significantly ($P < 0.05$). However, in case of fresh muscle prepared as slice form, there was no increase of breaking strength through storage and was decreased rapidly after 10hrs.

4. Effect of anesthesia killing and non-bleeding

The onset time of rigor-mortis and lactate accumulation were retarded more slowly in samples killed by anesthesia without bleeding than those in samples killed by spiking with bleeding. ATP in samples killed by anesthesia without bleeding showed little breakdown until 22.5hrs, but it was decomposed completely after 30hrs storage.

The value and time reached around the maximum breaking strength of samples killed by anesthesia without bleeding were $2147.8 \pm 29.0g$ and 13hrs respectively, but it maintained constantly until 20hrs passed.

5. Effect of life or death before cooling

The onset of rigor-mortis, ATP breakdown, lactate accumulation and

breaking strength in live samples before cooling were accelerated more fastly than those in dead samples.

From results above, it could be concluded that dipping in sea water including anesthetic without bleeding was the most effective way in delaying of physicochemical changes after killing. Therefore, these results will be available for cold transportation of anesthesia killing without bleeding to preserve the freshness of *sashimi*.

Freezing and thawing condition for raw fish flesh, *sashimi*

The profile of ATP and its related compounds drastically changes after thawing : ATP entirely decomposed and IMP accumulated. These changes were not affected by freezing and thawing speed.

Due to muscle contraction, the breaking strength of muscle increased rapidly until 3days passed. The increase degree of breaking strength in quick frozen muscle was bigger than that in slow frozen muscle through freezing storage. The toughness of muscle gradually decreased during frozen storage periods, due to weakness of collagen matrix and rupture of myofibrils by formed ice crystal.

Mg(+Ca)-ATPase activity in both samples quick frozen and slow frozen increased until 3 days and then decreased gradually through the whole storage day. Ca-ATPase activity in quick frozen muscle is higher than that in slow frozen muscle through storage.

Low temperature-high density transportation of live fish.

At higher storage temperature, decreases in dissolved oxygen and increases in ammonia in sea water were observed. But, the survival time was short at low temperature(0°C and 3°C) due to cold shock.

Almost all of the serum components(glucose, hemoglobin, GOT, GPT, LDH and triglyceride) and muscle components(lactate, ATP and its related compounds) of live plaice and rockfish significantly increased after 6hrs and then gradually decreased until 18hrs passed in low temperature-high density(10°C, 50%) conditions. Those values decreased to the initial levels after 4~6hrs storage in conditions of recovery(18°C, 5%).

The ratio of ATP to the ATP and its related compounds $\{ATP/(ADP + ADP + AMP + IMP) \times 100\}$ in the muscle showed 50% for plaice and 48.7% for rockfish after 18hrs storage in low temperature-high density conditions. Otherwise, these ratios returned to their original levels within 4~6hrs of storage in recovery conditions.

These results showed the possibility of low temperature-high density transportation of live fishes.

Sanitary safety of *sashimi*

There was no food poisoning bacteria in the fish muscle submitted to the sample such as pathogenic *Vibrio*, *Salmonella*, and *Staphylococcus aureus*. Viable cell count of the killed muscle were less than 350/g during the storage time until 30hrs at below 10°C.

When we transport live fish with sea water in a container in refrigerated conditions(0°C and 10°C), the viable cell count of both sea water and fish muscle of the samples were not significantly increased during the storage time for 20hrs.

Development of container for cold transportation of spiking live fish.

The best conditions were dipping in sea water including anesthetic without bleeding and 0°C storage for cold transportation of spiking live fish from results of chapter 2.

Medium size styloform box(560×375×255mm) sold at market is proper as container for cold transportation of spiking live fish and crush ice is available as coolant of raw fish flesh.

Development of container for low temperature-high density transportation of live fish.

It was the best conditions that 10°C and 50% density for low temperature-high density transportation for live fish from results of chapter 4.

Crush-ice is more useful than ice-pack or freezer assembled in transportation truck as coolant of sea water in container, due to its low price, easing purchase, convenient handling and so on.

Shelf fixing(2 or 3 steps) in container is need to reduce the stress or death ratio of live fish by high density loading during transportation.

Developed new method and container from this study for spiking live fish and live fish transportation will have competitive power for import of live fishes and will be available for cost reduction of live fish transportation, especially.

CONTENTS

Chapter I Preface

purpose, Necessity and bounds of this study.

Chapter II. Cold transportation of spiking live fish.

Section 1. Introduction

Section 2. Effect of storage temperature

1. Materials and Methods

2. Result and Discussion

가. Changes in rigor-index

나. Changes in contents of ATP and its related compounds

다. Changes in ATP breakdown

라. Changes in lactate accumulation

마. Changes in IMP accumulation

바. Changes in free amino acid

사. Changes in K-value

아. Changes in breaking strength

자. Changes in morphology of myofibrils

차. Changes in histology of muscle

Section 3. Effect of killing method

1. Materials and Methods

2. Result and Discussion

가. Changes in rigor-index

나. Changes in contents of ATP and its related compounds

- 다. Changes in ATP breakdown
- 라. Changes in IMP accumulation
- 마. Changes in lactate accumulation
- 바. Changes in breaking strength

Section 4. Effect of preparing form

- 1. Materials and Methods
- 2. Result and Discussion
 - 가. Changes in breaking strength
 - 나. Changes in ATP breakdown and lactate accumulation

Section 5. Effect of bleeding and non-bleeding

- 1. Materials and Methods
- 2. Result and Discussion
 - 가. Changes in rigor-index
 - 나. Changes in ATP breakdown
 - 다. Changes in contents of ATP and its related compounds
 - 라. Changes in breaking strength
 - 마. Changes in lactate accumulation

Section 6. Effect of life or death before cooling

- 1. Materials and Methods
- 2. Result and Discussion
 - 가. Changes in rigor-index
 - 나. Changes in ATP breakdown
 - 다. Changes in contents of ATP and its related compounds
 - 라. Changes in breaking strength
 - 마. Changes in lactate accumulation

Chapter III. Freezing and thawing condition for raw fish flesh, *sashimi*.

Section 1. Introduction

Section 2. Materials and Methods

Section 3. Result and Discussion

1. Freezing speed and thawing speed
2. Changes in breaking strength on freezing and thawing speed
3. Change in contents of ATP and its related compounds on freezing and thawing speed
4. Change in free amino acid on freezing and thawing speed
5. Changes in histology of muscle on freezing and thawing speed
6. Change in breaking strength during frozen storage on freezing method
7. Change in ATPase activity during frozen storage on freezing method
8. Changes in histology of muscle during frozen storage on freezing method

Chapter IV. Low temperature-high density transportation of live fish

Section 1. Introduction

Section 2. Decision of optimum low temperature for transportation
of live fish

1. Materials and Methods

2. Results and Discussion

가. Changes in dissolved oxygen at various temperatures

나. Changes in total ammonia at various temperatures

다. Effect of temperature difference during increasing
or decreasing of water temperature

Section 3. Changes in serum components and muscle components
during low temperature-high density and recovery
conditions

1. Materials and Methods

2. Results and Discussion

가. Changes in serum components

나. Changes in muscle components

Chapter V. Sanitary safety of *sashimi*

Section 1. Introduction

Section 2. Sanitary safety of spiking live fish

Section 3. Sanitary safety during low temperature-high density
transportation of live fish

Chapter VI. Development of container for cold transportation of spiking live fish

Section 1. Cooling method by various coolants

1. Cooling by commercial ice-pack

2. Cooling by crush-ice

3. Cooling by refrigerated truck.

Chapter VII. Development of container for low temperature-high density transportation of live fish.

Section 1. Cooling of sea water in container of live fish.

1. Cooling by freezer assembled on transporting truck of live fish
2. Cooling by crush-ice.

Section 2. Shelf fixing in container of live fish.

1. Size and structure of container
2. Shelf fixing

Section 3. Cost calculation of crush-ice and salt used for cooling of sea water

Section 4. Sea water temperature increase in container by penetrated out-air during low temperature-high density transportation

1. Calculation of sea water temperature increase in container by penetrated out-air
2. Measurement of sea water temperature increase in container by penetrated out-air

Chapter VIII. Transportation of spiking live fish and live fish

Section 1. Introduction

Section 2. Preliminary transportation

1. Cold transportation of spiking live fish.

Section 3. Transportation of live fish by manufactured container.

1. Cold transportation of spiking live fish and sensory evaluation
2. Low temperature-high density transportation of live fish

목 차

제 1장 서론	39
제 2장 즉살 활어의 냉장수송 분야	46
제 1절 서설	46
제 2절 저장온도의 영향	51
1. 재료 및 방법	52
가. 실험 재료	52
나. 실험 방법	52
2. 결과 및 고찰	57
가. 사후경직도의 변화	57
나. ATP관련 물질들의 변화	60
다. ATP분해속도에 대한 저장온도의 영향	67
라. 유산량의 변화	71
마. IMP축적량의 변화	73
바. 유리아미노산의 변화	76
사. K값의 변화	81
아. 파괴강도의 변화	83
자. 근원섬유의 형태학적 관찰	87
차. 근육의 조직학적 변화	89
제 3절 치사방법의 영향	93
1. 재료 및 방법	94
2. 결과 및 고찰	94
가. 사후경직도의 변화	94

나. ATP관련 물질들의 변화	95
다. ATP분해속도에 대한 치사방법의 영향	98
라. IMP축적량의 변화	103
마. 유산량의 변화	103
바. 파괴강도의 변화	107
제 4절 조리 형태의 영향	109
1. 재료 및 방법	110
2. 결과 및 고찰	110
가. 파괴강도의 변화	110
나. ATP 및 유산량의 변화	110
제 5절 방혈 유무의 영향	112
1. 재료 및 방법	113
2. 결과 및 고찰	113
가. 사후경직도의 변화	113
나. ATP분해	114
다. ATP관련 물질들의 변화	117
라. 파괴강도의 변화	120
마. 유산량의 변화	122
바. 잔존 혈액에 의한 외관변화	124
제 6절 냉각전에 生死 차이의 영향	124
1. 재료 및 방법	126
2. 결과 및 고찰	126
가. 사후경직도의 변화	126
나. ATP분해	127
다. ATP관련 물질들의 변화	130

라. 파괴강도의 변화	132
마. 유산량의 변화	135
참고문헌	138
제 3장 핏감용 어육의 동결 및 해동 조건분야	150
제 1절 서설	150
제 2절 재료 및 방법	151
1. 실험 재료	151
2. 실험 방법	151
제 3절 결과 및 고찰	155
1. 동결속도와 해동속도	155
2. 동결 및 해동속도에 따른 근육의 파괴강도의 변화	158
3. 동결 및 해동속도에 따른 ATP관련 물질들의 변화	162
4. 동결 및 해동속도에 따른 유리아미노산의 변화	166
5. 동결 및 해동속도에 따른 근육의 조직학적 변화	168
6. 동결방법에 따른 동결저장중에 근육의 파괴강도의 변화	171
7. 동결방법에 따른 동결저장중에 근육의 ATPase활성의 변화 ..	174
8. 동결방법에 따른 동결저장중에 근육의 조직학적 변화	180
참고문헌	185
제 4장 활어의 저온·고밀도 수송분야	191
제 1절 서설	191
제 2절 활어의 저온수송을 위한 최적조건의 결정	193
1. 재료 및 방법	194
2. 결과 및 고찰	195

가. 저장온도별에 따른 용존산소량의 변화	195
나. 저장온도별에 따른 암모니아 생성량의 변화	199
다. 냉각 및 승온시에 온도차의 영향	205
제 3절 저온·고밀도 수용 및 회복시에 혈액성분 및 근육성분의 변화	208
1. 재료 및 방법	209
가. 혈액성분의 변화	209
나. 근육성분의 변화	211
2. 결과 및 고찰	212
가. 혈액성분의 변화	212
1) 넙치의 혈액성분의 변화	221
2) 우럭의 혈액성분의 변화	221
나. 근육성분의 변화	229
1) 넙치의 근육성분의 변화	229
2) 우럭의 근육성분의 변화	233
참고문헌	236
제 5장 즉살활어 생선회의 위생적 안전성분야	240
제 1절 서설	240
제 2절 즉살활어 생선회의 위생적 안전성	241
제 3절 활어의 저온·대량수송중의 위생적 안전성	243
참고문헌	246
제 6장 즉살활어의 냉장수송용기 개발분야	247
제 1절 냉각매체의 종류에 따른 냉각방법	247
1. 시판 ice-pack을 이용한 냉각	247

2. 쇠빙을 이용한 냉각	250
3. 냉장차를 이용한 냉각	254
제 7장 활어의 저온·고밀도 수송용기 개발분야	256
제1절 활어조내 해수의 수온강하법	256
1. 냉동장치에 의한 온도강하법	256
2. 얼음에 의한 온도강하법	257
제2절 활어조내의 선반설치	260
1. 활어조의 크기 및 구조	260
2. 선반설치	261
제3절 해수온도 강하를 위하여 사용한 얼음 및 소금의 단가계산	264
제4절 활어를 저온·고밀도로 수용중에 외기침입에 의한 해수의 온도상승	266
1. 수송중에 외기침입에 의한 해수온도 상승계산	266
2. 수송중에 외기침입에 의한 해수온도 상승측정	269
제 8장 실제 수송분야	272
제1절 서설	272
제2절 예비 수송실험	273
1. 즉살 활어의 냉장수송	273
2. 활어의 저온·고밀도 수송	273
제3절 시작품 수조를 사용한 실제 수송실험	280
1. 즉살 활어의 냉장수송 및 관능평가	280
2. 활어의 저온·고밀도 수송	281

제 1장 서 론

제 1절 연구배경

최근, 생활수준의 향상으로 다양한 기능성을 갖는 건강식품으로서 생선회(膾)의 소비량이 급증하고 있으며, 양식기술의 발달로 양식어의 생산량도 매년 증가하고 있다(Table 1-1-1). 해산어류 양식량은 최근 5년 동안에 약 3배 이상이 증가하였으며, 넙치와 우럭이 우리나라 양식어류의 주종을 이루고 있다. 즉, 1995년 양식 생산량은 넙치가 80.5% 그리고 우럭이 13.8%로, 두 종류를 합하면 94.3%가 된다. 그리고, 이들 해산양식 어류의 대부분이 횡감으로 소비되므로 생산지에서 소비지까지의 수송은 대단히 중요한 부분을 차지하고 있으나, 아직까지 재래식의 물차에 의한 수송방법에 의존하고 있는 상황이므로, 올해부터 수산물의 전면 수입개방에 따른 활어유통업계에도 큰 타격이 예상된다.

가. 수송경비 증대

현행의 물차수송법은 활어조내에 80~85%의 물과 15~20%의 활어를 싣고서 수송하므로, 필요없는 대량의 물 때문에 수송경비가 증대한다. 그렇다고 수송밀도를 높히면 치사량이 증대하므로, 치사하지 않고 수송밀도를 높이는 새로운 수송방법의 개발이 절실하다.

나. 회맛 저하

물차로 수송시에 수송중의 공포 및 흔들림 등에 의하여 받는 stress 때문에 회맛이 저하된다.

다. 여름철의 폐혈증 파동

연안 해수의 오염으로, 병원성 세균이 오염된 해수와 함께 활어를 수송하므로, 수송중에 *vibrio*균의 증식에 의한 폐혈증 발병으로 국민 보건위생을 위협할 뿐만 아니라, 폐혈증 파동으로 양식업자 및 판매업자에게 엄청난 경제적 손실을 준다. 예를 들면, 횡집 1일 매상이 50만원이라고 가정하면, 전국에 부지기수로 분포되어 있는 횡집의 여름철(3~4개월) 총 매상고의 손실은 엄청날 것이다.

Table 1-1-1. Annual production of cultured plaice and rockfish.

Year	Total maricultured fish (M/T)	plaice		rockfish	
		M/T	%	M/T	%
1988	1,290	16	1.2	3	0.2
1989	2,661	249	9.4	96	3.6
1990	2,656	1,039	39.0	386	14.5
1991	3,905	1,815	46.5	312	7.9
1992	4,595	3,199	69.6	666	14.4
1993	5,471	4,029	73.6	845	15.4
1994	6,643	5,270	79.3	894	13.4
1995	8,360	6,733	80.5	1,159	13.8

이러한 여러가지 문제점을 감안하여, 본 연구에서는 종래의 물차수송법에 대신한 획기적인 생선회 수송법으로, 생선회를 즉살하여 냉각 수송하는 방법

및 전용 냉각수송장치의 개발, 그리고 활어의 저온고밀도 수송 방법의 확립 및 전용 수송용기를 개발하고자 한다. 본 방법 및 장치가 개발되므로서 예상되는 효과로는, 수송경비의 대폭적인 절감, 수송중에 생선회 맛의 향상, 그리고 폐혈증 발생으로 인한 국민보건위생상의 문제 해결 등을 들 수 있다. 더욱이, 본 연구의 결과는 WTO체제 출범에 대비한 이 분야의 시장개방에 적극 대처 가능할 뿐만 아니라 국제경쟁력이 있으므로, 어민 소득증대에도 크게 기여할 것이다.

제 2절 연구의 필요성

현행의 물차수송법에 의한 활어수송법은 수송경비의 증대, 회맛저하, 폐혈증 파동등의 여러가지 문제점을 안고 있으므로, 이러한 문제점을 해결할 수 있는 새로운 수송방법의 개발이 절실히 필요한 실정이다. 본 연구에서는 현행의 물차에 의한 활어수송법보다 상당한 장점을 갖고 있는 수송방법으로, 활어를 치사후에 저온으로 유지하면서 수송하는 방법 및 장치의 개발, 그리고 활어를 저온·고밀도로 수송하는 방법 및 장치를 개발하여 실용화시키고자 한다.

1. 기술적 측면

가. 수송 방법의 개선

현행의 물차수송법은 활어의 수송밀도가 약 15~20% 정도로 비경제적이므로, 최근에는 대량수송을 위한 방법으로 저온고밀도 수송법, 저온무수수송법, 천적을 함께 수송하는 방법 등이 연구되고 있다. 그러나, 이러한 수

송방법들은 수송중에 활어가 치사하거나 수송설비의 고가 등의 한계성이 있다. 따라서, 수송 중에 치사의 염려도 없으며, 대량의 물 대신에 전부 생선회를 실어 나를 수 있으며, 수송중에 회맛이 향상되는 즉살 활어 수송법의 개발이 필요하다. 한편, 우리나라민들의 회를 먹는 습관은 살아있어야만 가장 맛있는 것으로 생각하고 활어를 원하므로, 현행의 활어수송법의 단점인 수송밀도가 낮은 것을 수송온도를 낮추어서 고밀도로 수송하는 활어의 저온·고밀도 수송방법의 개발도 필요하다.

나. 위생적인 안전성 확보

연안 해수의 오염도는 매년 심화되고 있으며, 활어 축양수조 및 활어수조내에서의 병원성 세균 증식 문제에 대한 연구가 미흡하다. 특히, vibrio 균에 의한 폐혈증 파동등의 예방을 위해서는 활어의 수송중에 위생적인 안전성을 확립할 필요가 있다.

2. 경제·산업적 측면

가. 수송경비의 절감

현행의 물차수송법은 필요없는 대량의 물(80~85% 이상)을 실어나르므로 수송경비가 증대하며, 최근 양식어류 생산의 증대로 수송경비가 약 300여억원을 상회하므로, 수송경비 절약을 위한 새로운 수송법의 개발이 절실하다.

나. 폐혈증 파동

여름철 폐혈증 파동이 일어나면 3~4개월동안 어민들 및 판매업자에게 엄청난 경제적 손실을 가져다 준다(횃집 하루매상이 50만원이라고 가정하면 전국에 부지기수로 있는 횃집의 여름철의 총매상고 손실은 엄청날 것임).

상기와 같이 연간 약 300여억원으로 추정되는 활어의 수송경비의 대폭적인 절감은 물론이고, 수산물의 수입 전면 개방에 따른 활어유통업계의 경쟁력 확보를 위해서도 새로운 수송방법의 개발이 필요하다.

3. 사회적 측면

가. 현행의 물차수송법에 대신한, 생산지에서 바로 소비지로 직접연결하는 즉살활어생선회 유통의 새로운 유통체계 확립으로, 기능성을 갖는 건강식품인 생선회를 소비자에게 위생적이며 싼 값에 공급해야 한다.

나. 고유의 즉살활어수송기술 및 저온·고밀도 대량수송기술의 개발로, GR 및 WTO 체재에 대비하여 능동적으로 대처함은 물론이고, 3D현상 탈피가 가능하고, 어민 소득증대에 크게 기여해야 한다.

제 3절 국내외 기술현황

1. 국내 기술현황

국내의 활어수송법은 종래의 활어수송법인 물차에의한 수송법이 대부분이며, 최근에는 활어조에 얼음을 넣고서 수온을 낮추어서 고밀도로 수송하는 방법이 일부 시도되고 있으며, 한국 식품개발연구원에서 활어의 무수수송을 실용화시킬려는 연구도 있으나, 어종이 극히 제한될 뿐만 아니라, 전처리가 복잡한 점 때문에 실용화는 어려운 것으로 판단된다. 그리고, 저온·고밀도 활어수송법은 고밀도 적재에 의한 치사 및 전용 냉각장치장착에 의한 설비비 부담등의 문제점등이 해결되지 않는 과제로 남아있다. 따라서, 이러한 단점을 보완한 적절한 수송법의 산업화가 절실한 실정이다.

2. 국외 기술현황

일본을 중심으로 활어의 저온고밀도 수송법, 빙온상태에 의한 무수 수송법, 천적에 의한 수송법등이 일부 연구보고 되고있으나, 살아있는 상태로 수송시에 받는 stress 또는 치사의 문제가 완전히 해결되지 못하고 있다.

즉살후의 수송으로 IKESHIME 수송법(10℃ 전후로 유지)이 일본의 일부 지역에서 실용화되고 있으나, 이 방법은 우리나라와 수송거리가 다른 장거리 수송을 위하여 개발된 방법으로, 10℃로 유지하여 수송하므로 생선회의 생명인 선도보존 문제가 해결되지 못하고 있다.

그리고, 활어수송선 및 활어수송차에 냉동장치를 장착한 활어의 저온·고밀도 수송방법 및 무수수송방법등이 연구 그리고 일부 실용화되어 있으나, 활어수송차량에 냉동장치 장착은 설비비의 부담을 가중시킬 뿐만아니라, 냉동장치 개발등 해결해야할 기술적인 여러 가지 문제점을 안고 있다.

제 4절 연구개발 목적과 범위

1. 연구개발의 목적

활어의 일반적인 수송법인 물차에 의한 수송법은, 필요없는 대량의 물(80~85%)을 생산지에서 소비지까지 실어 나르므로 수송경비의 증가요인이 될 뿐만아니라(연간 300여 억원의 수송경비), 수송중에 치사하는 문제점을 안고있다. 본 기술개발에는 이러한 단점을 보완한 지금까지의 활어수송의 개념과는 전혀 다른 방법 즉, 축양장에서 마취사·무방혈 상태로하여 저온으로 수송하는 획기적인 수송방법으로, 회맛에 가장 큰 영향을 미치는 육질의 쫄깃쫄깃함 및 미각이 상승되므로 수송중에 회맛이 좋아지며 위생적

으로 안전한 회를 소비자에게 공급가능할 뿐만아니라, 소송경비의 대폭적인 절감을 가져올수 있도록 한다. 그리고, 활어상태로 고밀도로 수송하기 위하여 저온으로 수송하는 활어의 저온·고밀도 수송방법을 확립하여, 활어 유통업을 활성화시킨다.

2. 연구개발의 범위

가. 즉살활어의 냉각수송법 및 장치개발

수송경비의 절감등을 위하여 지금까지의 활어수송개념과는 전혀 다른 방법인 즉살활어의 냉각수송법을 확립하기 위하여, 치사후의 저장온도, 치사방법, 조리방법, 방혈유무, 냉각전에 生死의 차이 등이 생선회의 사후조기의 물리·화학적 변화에 미치는 영향을 다각도로 검토하여, 수송중에 회맛이 향상되고, 또 선도보존기간을 최대로 연장시킬 수 있는 수송조건의 확립 그리고 수송용기를 개발하였다.

나. 활어의 저온·고밀도 수송법 및 장치개발

즉살활어의 냉각수송법의 단점인 짧은 선도보존 기간을 연장시키고 또 현행의 물차에 의한 활어 수송방법의 단점인 낮은 수송밀도를 높이기 위한 방법 및 수송용기를 개발한다. 활어의 저온수송의 최적온도 및 수송밀도를 용존산소량, 암모니아 생성량, 혈액성분, 근육성분의 변화를 검토하여 수송의 최적조건을 확정하고, 해수온도를 저온으로 낮추기 위한 냉각매체의 검토, 해수 염분농도 강하를 방지하기 위한 방법 개발, 고밀도 수용에 따른 하부에 수용된 활어의 치사방지를 위한 선반의 설치등에 대하여 다각도로 검토하여, 활어의 저온·고밀도 수용을 위한 최적조건 및 장치개발을 하였다.

제 2장 즉살활어의 냉장수송분야

제 1절 서 설

우리나라 사람들이 생선회를 먹는 습관은 活魚를 소비자가 보는 앞에서 조리사가 바로 회를 뜬것을 최고로 치기 때문에 산지에서 살아 있는 상태로 활어를 수송하고 있다. 현재의 활어 수송법은 중소형의 트럭에 활어조 및 산소 봄베를 장착하여 산소를 공급해가면서 수송하는 방법이 일반적이며, 이 때에 계절 및 어종에 따른 차이는 있지만 활어조내에는 대부분의 물(80~85%)과 약간의 활어(15~20%)를 싣고서 수송하므로, 필요없는 대량의 물을 실어 나르는 결과가 되어 수송 경비가 증대된다. 이것은 곧 魚價의 상승으로 연결되어서 소비자의 부담을 증가시킬 뿐만 아니라, 장시간의 수송 그리고 수송중의 흔들림 등에 의하여 활어가 받는 stress 때문에 생선회맛의 저하를 초래하게 된다. 이러한 문제점을 보완하기 위하여 인접국인 일본에서는 IKESHIME 형태(양식어의 頭部를 강타하여 즉살, 방혈시킨후에 약 10℃로 유지하면서 수송하는 방법)로 즉살 활어의 효과적인 수송 방법을 시도하고 있으며(杉本, 1991), 우리나라에서도 생선회맛 향상의 수단으로 활어를 즉살, 방혈 후에 냉장고등에서 일정시간 보관한 다음에 먹는 방법이 일부 지역, 그리고 일식집에서 옛날부터 행해지고 있다.

활어의 사후의 물리화학적인 변화에 영향을 미치는 요인으로는 치사 전에는 어종, 크기, 양식조건, 취급 조건등 여러 가지가 있으며, 치사 후에는 치사방법, 조리형태, 방혈유무등이 영향을 받는다. 그러나, 생선회의 맛에 영향을 미치는 상기의 인자들에 대한 식품학적인 측면에서의 체계적인 연구가 거의 되어있지않는 실정이기 때문에, 획감으로 이용될 수 있는 어육의 사후 조기단계에 식품학적인 측면에서 종합적인 연구 검토가 이루어져서, 즉살 활어의 효과적인 수송조건이 규명되어져야 할 것이다.

사후 근육중의 ATP의 소실에 따른 근육의 물성 변화와 경직에 이르는 사이의 근육의 구조 변화는 生筋肉의 수축과 기본적으로 같은 현상이 일어남이 알려져 있다(安井, 1982 ; Lawrie, 1996). Fig.2-1-1과 같이 근육을 구성하는 근원섬유의 근절(sarcomere)의 길이는 경직의 진행과 함께 짧게 되고, thick filament(myosin filament)와 thin filament(actin filament)의 사이에 미끄러짐이 일어난다(sliding theory). 단, 생근육의 경우에는 수축하기 위하여 신경 자극에 의해 근소포체로부터 Ca^{2+} 이온이 급격하게 방출되는 것이 필수적이지만, 사후 경직은 아무런 자극없이 일어나는 것이다. 또, 사후의 근육 수축은 완만할 뿐 아니라 비가역적인 점이 생근육의 수축과 다르다. 즉살 직후에 근소포체내에는 고농도의 Ca^{2+} 이 존재하지만 시간의 경과와 함께 근소포체내의 Ca^{2+} 농도는 저하하며, 이와 반대로 세포내의 Ca^{2+} 농도가 상승하게 된다. 그 결과, 생근육에서는 $10^{-6}M$ 내의였던 세포내의 Ca^{2+} 농도가 사후 $10^{-5}M$ 정도까지 상승하기 때문에, 생근육의 경우와 같이 filament 사이의 미끄러짐이 일어나서 양단백질 사이에 강한 결합이 일어나게 된다.

이상에서 설명한 바와 같이, 사후에 근육의 경직은 생근육에서 일어나는 생화학적 변화와 깊은 관계가 있다. 근육의 경직 시간과 세기에는 동물의 생리 상태 및 영양 상태가 영향을 미치는데, 이것은 사후에 일어나는 근육내의 생화학적 변화, 특히 ATP를 공급하는 반응에 크게 영향을 미치기 때문이다. 또, 근육내의 pH의 변화가 경직의 진행에 관계하는 것은, pH의 저하에 따라서 근소포체의 기능이 저하하여 Ca^{2+} 의 누출이 크게 영향을 받는 것으로 보고하고 있다(Greaser et al., 1969 ; 關, 1986).

사후에 시간의 경과와 더불어서 일어나는 사후 경직과 ATP함량의 관계는 살아있을 때의 어체상태, 치사조건, 방혈유무, 그리고 저장온도에 따라서 다르다. ATP의 감소가 시작되면 ATP는 ADP로 분해된 뒤에 각단계에서 각각의 효소의 작용을 받아서 $AMP \rightarrow IMP \rightarrow HxR \rightarrow Hx$ 의 경로로 분해되며, 이와같은

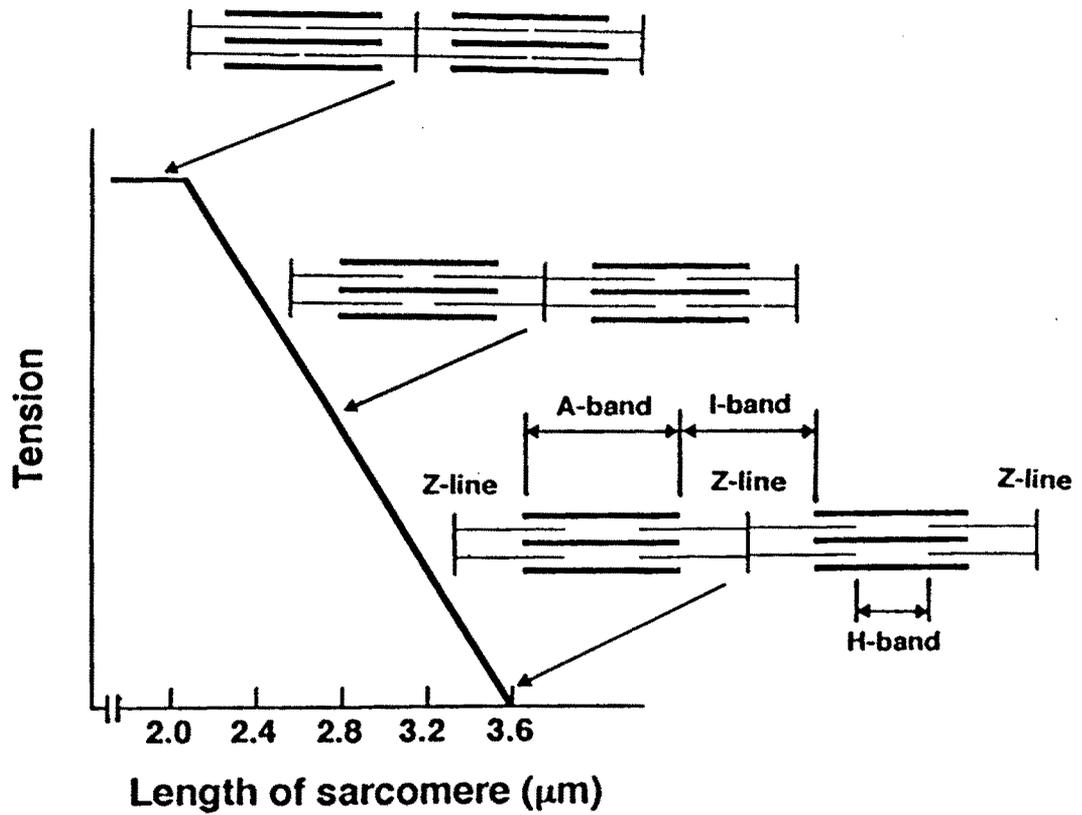


Fig.2-1-1. Relationship between length of sarcomere and tension of muscle.

ATP관련물질의 분해정도는 사후 경직후의 어육의 선도 측정의 좋은 지표가 된다. 또, ATP의 분해에 의하여 생성된 IMP는 유리 아미노산인 glutamic acid와 함께 어육중의 정미 성분의 주체가 되며, 이들은 相乘效果를 일으켜서 umami(감칠맛)를 향상시킴이 알려져 있다(福場·小林, 1991; Yamaguchi and Takahashi, 1984). 어육에는 glutamic acid가 그의 역치(0.03%) 이하로 함유되어 있지만 사후 근육에 축적되는 IMP와의 사이에 umami의 상승효과가 있기 때문에, IMP가 공존하면 이것이 역치(0.025%) 이하의 양이라도 맛(미각)의 향상에 기여한다.

또, 생선회의 품질을 결정하는 요인으로서는 잇빨로 느끼는 반응(촉감)은 이것들 이상으로 중요한 요인이며, 생선회의 단단함(toughness)은 어종, 원료어의 신선도 및 조리후의 저장 조건에 따라서 달라진다. 최근의 연구 결과에 의하면 어육중의 결합조직의 주성분인 collagen의 함량 및 분포 형태가 육질의 단단함에 깊이 관여하고 있음이 밝혀져 있다(Ando 등, 1991a, b). 즉, collagen의 함량이 높은 어육일 수록 육질의 단단함이 관능 검사 및 물성 측정으로 밝혀져 있으며, 육질이 단단한 어종일수록 고급 핏감으로 취급되고 있다(豊原, 1991). 육질의 단단함은 Fig.2-1-2에 李(1994)가 제안한 바와 같이 background toughness(어종에 따른 고유의 단단함)와 actomyosin toughness(근육의 수축에 의한 단단함)로 나눌 수 있다. Background toughness는 근육에 존재하는 결합조직에 기인하는데, 결합 조직은 세포 내막(內膜) 및 세포 주막(周膜)이며, 그 주성분은 collagen이다. 세포와 세포는 주로 이 collagen으로 된 세포의 matrix라고 불리우는 구조로 접착되어 있으며(Duance et al., 1977), 생선회 특유의 본질은 근원섬유 자체가 아니고 세포의 matrix의 강도임을 시사한다. 한편, actomyosin toughness는 사후 ATP의 분해와 함께 일어나는 myosin과 actin의 결합에 의한 actomyosin 복합체의 형성으로 Fig.2-1-1에서와 같이 근원섬유의 근질이 짧아져서 생기는 장력의 증가로 일어난다(山本·丸山, 1988).

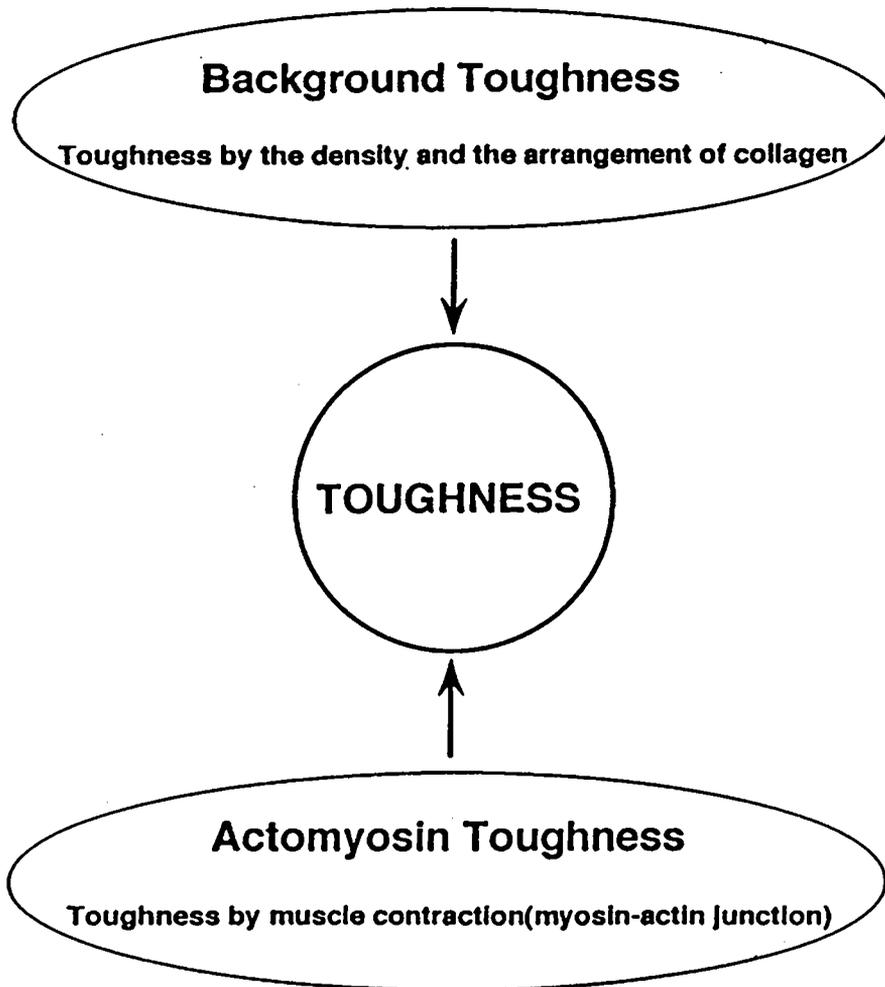


Fig.2-1-2. Schematic for toughness of fish muscle

어육의 단단함은 생성회의 맛에 직결되며, 육질이 단단한 어종일수록 고압압박으로 취급되므로 육질을 단단하게 할려는 일련의 연구들이 진행되고 있다. 즉, 양식 어류를 출하전에 일정기간 강제로 운동시키므로써 근육중의 체지방을 에너지로 소모시켜서 육질을 단단하게 하는 방법(橋 등, 1988) 및 육중의 결합조직의 함량을 향상시키기 위하여 한약제를 사료에 첨가하는 방법등이 연구 보고되고 있다(谷本·高橋, 1991). 전자는 어육중의 지질함량을 감소시키기 위한 방법이며, 후자는 background toughness를 향상시키는 방법이라고 할 수 있으며, 이들 방법들은 장기간이 소요되는 단점이 있다. 한편, actomyosin toughness는 육의 수축에 의하여 생기는 단단함으로, 사후 조기의 background toughness 저하가 일어나지 않는 조기단계에서 환경 조건을 조절하여서 actomyosin toughness를 증가시킬 수만 있다면, background toughness에 이값이 더해지므로 근육의 단단함을 더 증가시킬 수 있을 것이다.

이상에서 설명한 바와 같은 어육의 사후조기의 물리화학적 변화의 이론을 근거로 하여, 즉살활어의 저온수송방법을 확립하기 위하여, 저장온도, 처사방법, 조리형태, 방혈유무, 냉각전에 生死의 차이속도등이 어육의 사후조기의 물리·화학 변화에 미치는 영향에 대하여 검토하였다. 시료로는 Table 1-1-1에서와 같이 양식어의 대부분을 차지하고 있으며, 핏감으로 선호도가 가장 높은 넙치를 사용하였다.

제 2절 저장온도의 영향

어육의 사후조기의 물리화학적 변화에 영향을 미치는 인자 중에서 저장온도는, 온도가 낮을수록 저온에 의한 근소포체의 수축으로 근포체내의

Ca²⁺이 세포내로 빨리 유출되어서 ATP분해가 촉진된다. ATP분해의 촉진에 따른 myosin과 actin의 결합에 의한 근육수축의 촉진으로 사후경직현상이 빨리 일어날 뿐만 아니라 저온에서 일정시간 저장 후에는 육질의 단단함이 상승하고 정미성분인 IMP생성이 촉진됨이 알려져있다. 본절에서는 저장온도가 넙치육의 사후조기에 물리화학적변화에 미치는 영향을 검토하였다.

1. 재료 및 방법

가. 실험재료

넙치(Plaice, *Paralichthys olivaceus* : 체장 25~30 cm, 체폭 12~14 cm, 체고 2~3 cm, 체중 700~800g, 양식 1년생)를 공수수산(부산 기장군 소재)에서 활어 상태로 실험실로 운반하여, 상온의 해수에서 약 6시간 정도 피로를 완전히 회복시킨 후에 두부를 강타하여 즉살시켜서 혈액을 완전히 제거하고, 부분동결(-3℃), 빙온(0℃), 냉장(5℃ 및 10℃)로 조정된 냉장고(DAEWOO MODEL FS-240B, Korea)에 저장하면서 시료로 사용하였다.

나. 실험방법

1) 경직도의 측정

Bito et al. (1983)의 방법에 따라서 Fig.2-1-3과 같이 체장의 절반을 수평대 위에 올려 고정시킨 후에 꼬리 지느러미가 시작되는 부분까지의 거리의 변화를 아래 식과 같이 백분율로 나타내었다.

$$\text{사후경직도(\%)} = \frac{(D_0 - D)}{D_0} \times 100$$

D₀ : 즉살 직후의 거리

D : 사후 경직중일 때의 거리

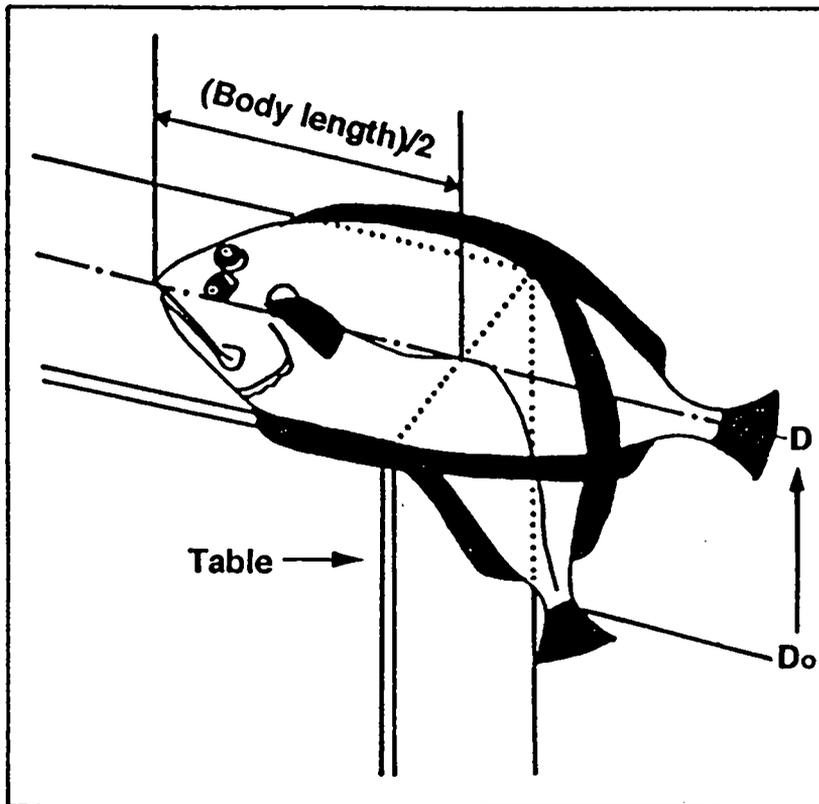


Fig.2-1-3. Determination of rigor index of plaice.
Rigor index(%)=(D_0-D) \times 100/ D_0

2) ATP 관련물질의 측정

Iwamoto et al.(1987)의 방법으로 핵산 관련 물질을 추출하여 추출액을 -25℃ 동결고에 동결 보관하였다. 측정시에 증류수로 10배 희석하여 0.45 μ m membrane filter로 여과후 HPLC에 주입하였다. Column 이동층에는 0.05M의 인산 완충 용액 (pH 6.78)을 사용하였고 핵산 관련 물질 표준품은 Sigma사의 표품을 사용하여 조제하였다. 장치는 Waters사제 고속액체 chromatography 자동분석 system을 사용하였고 Column은 Waters 사제의 μ -Bondapack C₁₈, 300 x 3.9mm의 역상분배 column이었으며 측정조건은 시료 주입량 25 μ l, 이동층 유량 1.4 ml/min, column 온도 37℃, 흡수파장 254nm, peak 면적적산법, 분석시간 30분이었다. 그리고, 분석된 ATP 분해 물질들의 mol농도를 구하여, 신선도의 지표인 K값은 다음식으로 환산하였다.

$$K\text{-value}(\%) = \frac{HxR + Hx}{ATP + ADP + AMP + IMP + HxR + Hx} \times 100$$

3) 유산량의 측정

제단백 추출액을 사용하여 Baker and Summerson(1941)의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 등육(dorsal muscle) 5g을 취하여 45ml의 냉각된 10% trichloroacetic acid로 균질화하여 단백질을 제거한 후에 5,000rpm에서 원심 분리하여 상층액 1ml 와 20% CuSO₄ 1ml로서 유산을 구리와 치환하고 증류수로서 10ml로 정용하였다. 여기에 Ca(OH)₂ 1g으로 실온에서 30분간 방치하여 당류를 제거한 다음에 5,000rpm에서 원심 분리후에 상층액 1ml와 4% CuSO₄ 0.05ml로 잔류 유산을 재치환하였다. 여기에 진한 황산 6ml를 가하여 액중에 포함되어 있는 Ca(OH)₂를 분해시키고 20℃로 냉각후에 1.5% p-hydroxyphenol 0.1ml로서 발색(30℃, 30분)시켰으며, 100℃의 수조에서 90초간 p-hydroxyphenol을 용해시킨 후에 560nm에서 비색 정량하였다.

4) 유리 아미노산의 측정

등육 20g을 취하여 Lee 등(1987)의 방법에 따라 10% trichloroacetic acid로서 단백질을 침전제거하고 ether로서 지방을 제거한 후에 수지 column(Amberite IR-120, H⁺ form, 100-150mesh)에 통과시켜서 유리 아미노산을 흡착시켰으며, 흡착된 유리 아미노산은 2N NH₄OH 150ml를 흘려서 용출시킨 후에 진공 증발 건조기로서 농축하여 citrate buffer(pH 2.2)로 20ml 정용하여 분석용 시료로 사용하였다. 유리 아미노산의 분석은 Resin #2619 수지로 충전한 column(Hitachi Model 835-0636, 2.6 x 150mm, Japan)을 부착한 고속 아미노산 자동 분석기(Hitachi Model 835, Japan)로서 분석하였다.

5) 파괴 강도(breaking strength)의 측정

Ando et al.(1991a)의 방법에 따라 넙치 등육을 Table 2-2-1과 같은 조건으로 측정하였다. 즉, 넙치를 밑면이 평형하게 필렛(fillet)하여서 20 × 20 × 10mm³ 크기의 정사각형 칼집으로 육을 위에서 찍은 후에, 칼집위로 돌출한 부분을 잘라내고 육의 두께를 10mm로 균일하게 하여 측정 시료로 사용하였다. 파괴 강도값은 직경 10mm cylinder plunger를 사용하였으며, 변형을 60%, 속도 60mm/min 때의 최고값을 측정하였다. 실험 결과값은 6-8회 측정하여 평균±표준 편차(mean±S.D.)로 나타내었다.

6) 근원 섬유의 형태학적 관찰

근원 섬유의 정제는 Takahashi et al.(1967)과 Tokiwa and Matsumiya (1969)의 방법을 병용하였다. 즉, 경시적으로 등육 5g을 취하여 조제용 용액(14.90g KCL 과 3.44g EDTA 및 4.78g boric acid를 증류수로 용해하여 0.05M sodium borate 로 pH 7.0 으로 조절후 2ℓ로 정용) 30ml를 가하여 2

분간 균질화(Nissei homogenizer Model AM-7, Nihonseiki Kaisha LTD., Japan)한 후에 600×g에서 15분간 원심분리하고 얻어진 침전물에 30ml의 조제용 용액을 가하여 10초간 균질화하였다. 상기 과정을 1회 반복하여 근원섬유 현탁액을 조제, 희석하였으며, 근원 섬유의 관찰은 사진 촬영장치(Nikon Model FX-35 Japan)가 부착된 위상차 현미경(Nikon Model HFX-II, Japan)을 사용하여 배율 1000배에서 검경하였다.

Table 2-2-1. Conditions employed for breaking strength profile measurement of plaice muscle

Instrument	SUN RHEOMETER(Compac-100, Japan)
Sample thickness	10mm ¹⁾
Cylindrical plunger	10mm ²⁾ in diameter
Crosshead speed	1mm/sec
Load cell	10,000
Chart speed	60mm/min

1) simulated a slice of "sashimi".

2) simulated the molar tooth.

7) 근육의 조직학적 관찰

광학 현미경의 표본 제작은 Ando et al.(1993)의 방법에 따라 검경용 표본을 제작하였다. 즉, 등육을 일정 크기의 정방형(10×10×10mm³)으로 잘라서 Instron(Model 1011,U,S,A)으로 직경 40mm cylinder plunger를 사용하여 100g/cm²의 압력으로 10초 동안 가압한 후에 다시 일정크기(8×8×5mm³)로 잘라, Bouin액으로 24시간 고정하여 증류수로 24시간 수세후에 ethyl alcohol로 완전히 탈수하여 paraffin wax(M.P. 56~58℃)로 침투시

켰다. Paraffin wax로 응고시켜 시료 block을 만든후, microtome(Model PR-50, Yamato Kohki, Saitama)을 사용하여 $7\mu\text{m}$ 의 절편을 만들었으며, 염색은 haematoxylin 과 eosin을 사용한 이중 비교 염색을 하여 사진 촬영 장치 (Nikon Model AFM-D Japan)가 부착된 광학 현미경(Nikon Model MSM-9 Japan)으로 배율 100배에서 검경하였다.

2. 결과 및 고찰

가. 사후경직도의 변화

어육도 축육과 동일하게 사후에 근육이 수축하여 단단하고 불투명하게 되는 현상이 일어나는데 이것을 사후경직이라고 하며, 사후의 어육에서는 근소포체로부터 Ca^{2+} 이 유리하여 ATP를 분해시켜 경직이 시작되며, ATP의 소실과 더불어서 경직은 완료된다. 경직개시시간 및 경직지속시간은 어류의 종류, 생리조건, 에너지 소모정도, 운동정도, 사육수온, 치사조건 및 저장온도등의 영향을 받음이 알려져있다.

사후경직에 관여하는 저장온도의 영향을 검토하기 위하여 즉살한 넙치육을 방혈후에 각종온도(-3°C , 0°C , 5°C , 10°C)에 저장하면서 사후경직도의 변화를 측정된 결과를 Fig. 2-2-1에 나타내었다. 경직개시 시간과 완전경직에 도달하는 시간은 저장온도가 낮을 수록 짧았다. 즉, 저장온도에 따른 경직 개시시간과 완전경직 도달시간은 각각 -3°C 에서 0.5시간과 22시간, 0°C 에서는 1시간과 28시간, 5°C 에서 3시간과 32시간, 그리고 10°C 에서는 10시간과 40시간이었다. 이러한 결과는 李(1994)의 결과와 유사한 경향을 나타내는 것이었다. 그리고, 최고 경직도는 -3°C 및 0°C 에서는 98%, 5°C 에서는 85%였으나, 10°C 에서는 약 68%값만을 나타내었다.

즉살한 넙치육을 각종온도에 냉각저장하는 동안에 사후 경직도의 변화는 저장온도가 낮을수록 사후 경직개시 시간과 완전경직 도달시간이 짧았을

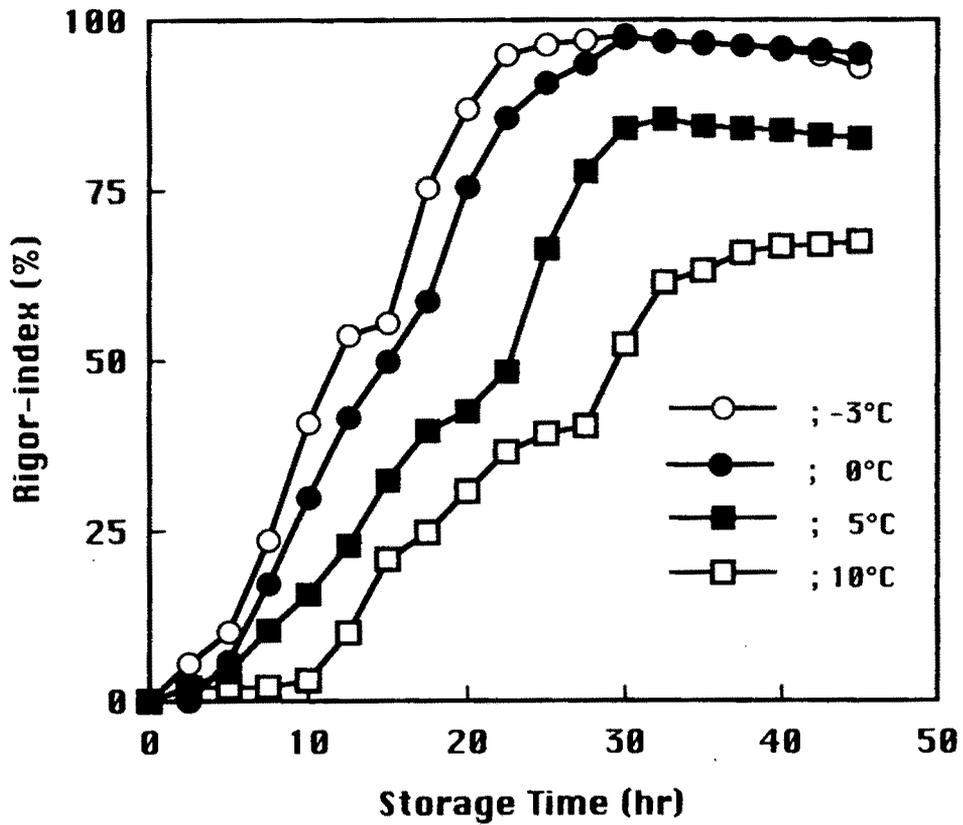


Fig. 2-2-1. Changes in rigor-index of plaice muscle during storage at various temperature.

뿐만아니라 경직도도 높았다. 이러한 결과는 Yamato and Noguchi(1964)의 복상어와 복어, Poulter et al.의 태래어, 岩本등(1985)의 참돔, 그리고 조등(1993)이 넙치를 시료료하여 실험한 결과와 유사한 경향은 나타내었다.

사후경직도의 온도의 의존성에 대하여 Iwamoto et al.(1988)은 ATP와 CP(creatine phosphate)의 분해를 촉매하는 ATPase 및 creatine kinase와 같은 효소 활성이 0℃보다 고온(5~10℃)에서 높은 활성을 나타내는 반면에, 0℃에서 사후 경직이 촉진되는 이유는 세포내의 Ca^{2+} 농도에 의존하며 어체온이 0℃로 저하함에 따라서 근소포체의 수축으로 인한 Ca^{2+} 의 유출로 세포내의 Ca^{2+} 농도가 높아지므로, myosin과 actin의 결합에 의한 활성이 높아지게 되어 ATP의 분해가 촉진되기 때문이라고 설명하고 있다.

고온에서 순화시킨 잉어를 저온에 저장한 경우, 세포내의 Ca^{2+} 농도의 상승이 빨리 일어나서 사후 경직의 진행이 촉진된다는 보고(Fleming et al., 1990 ; Watabe et al., 1989a, b)도 근소포체의 Ca^{2+} 수용능력의 저하 때문이라고 할 수 있다. 본 실험의 결과에서도 -3℃와 0℃저장에서 사후 경직 개시까지의 시간이 단축되는 것은 저온에 의한 근소포체의 Ca^{2+} 수용 능력의 저하 때문이라고 생각되어진다. 한편, -3℃저장에서는 빙결정의 생성으로 인하여 근소포체가 파괴되어서 근소포체내의 Ca^{2+} 이 근원섬유내로 많이 방출되기 때문에 저온의 영향과 더불어 ATP분해가 더 촉진된 것으로 추측된다. 그리고, 저장온도가 낮을수록 최대 경직도가 높아지는 결과는 Ca^{2+} 이 세포내로 많이 방출되므로 myosin과 actin의 결합력이 증가하여 근육이 강하게 수축하기 때문으로 생각된다.

경직진행의 속도 상수를 산출하기 위하여 완전 경직에 도달할 때까지의 사후 경직도와 저장 시간을 산점도(散點圖)로 나타낸 후에, 종속변수 Y축은 시간에 따른 사후 경직도값을, 그리고 독립변수 X축은 저장 시간으로 나타내어 회기직선을 구하고, 그 회기직선의 기울기를 단위 시간당으로 계

산하여 속도상수를 구하였다. 또한, 각 저장 온도에 따른 속도상수들을 자연 대수값으로 환산하여 종속변수를 Y축으로 하였고, 절대 온도를 독립 변수 X축으로 하여 Arrhenius plot으로 산점도를 나타낸 후에 회귀 직선상의 기울기를 구하고 Arrhenius식을 이용하여 회귀 직선상의 기울기를 기체 상수 1.986Cal/mole K로 곱하여 활성화 에너지(이하 Ea)를 산출하였으며, Q₁₀값은 $\log_{10}Q_{10} = (2.19Ea)/(T)(T+10)$ 의 식에 대입하여 산출하였다. Fig.2-2-2는 각저장 온도에 따른 경직 진행의 온도 의존성을 Arrhenius식을 이용하여 나타내었는데, 상술한 바와 같이 경직의 진행은 저온일수록 촉진됨을 알 수 있다. -3℃보다 10℃에서 약 2배 이상 경직 진행의 반응 속도가 느렸으며, 0℃에서 현저히 촉진되었다. 즉, 0℃~10℃영역에서의 Q₁₀은 0.912, Ea는 -11.02Cal/mole였으며, -3℃~0℃영역에서의 Q₁₀은 0.997, Ea는 0.348Cal/mole로, 저장온도가 높을수록 경직의 진행속도는 느렸으며, 저온 영역에서는 반대로 촉진되었다.

나. ATP관련 물질들의 변화

근육의 사후변화와 ATP함량과의 사이에는 밀접한 관계가 있으며, ATP는 사후 ATP→ADP→AMP→IMP→HxR→Hx의 경로로 분해한다. 반응은 각각의 관련 효소에 의하여 진행되며 분해 속도는 어종에 따라서 차이가 난다. Nucleotide 함량은 적색어와 백색어에 따라서 큰 차이가 없이 대체로 5~10 μmole/g이며, 어육은 사후 ATP가 급속히 감소하여 IMP가 증가함이 알려져 있다.

사후조기에 넙치육의 핵산관련물질의 변화에 미치는 저장온도의 영향을 검토한 결과, 즉살 직후의 넙치육의 ATP함량은 5.78 μmole/g으로 근육중의 전 ATP 관련물질의 71.8%를 차지하였으며, ADP+AMP량은 1.95 μmole/g, IMP는 0.32 μmole/g이었고, inosine(HxR)과 hypoxantine(Hx)은 검출되지 않았다. 그리고, ATP관련물질의 총량은 8.06 μmole/g이었다. Fig.2-2-3에

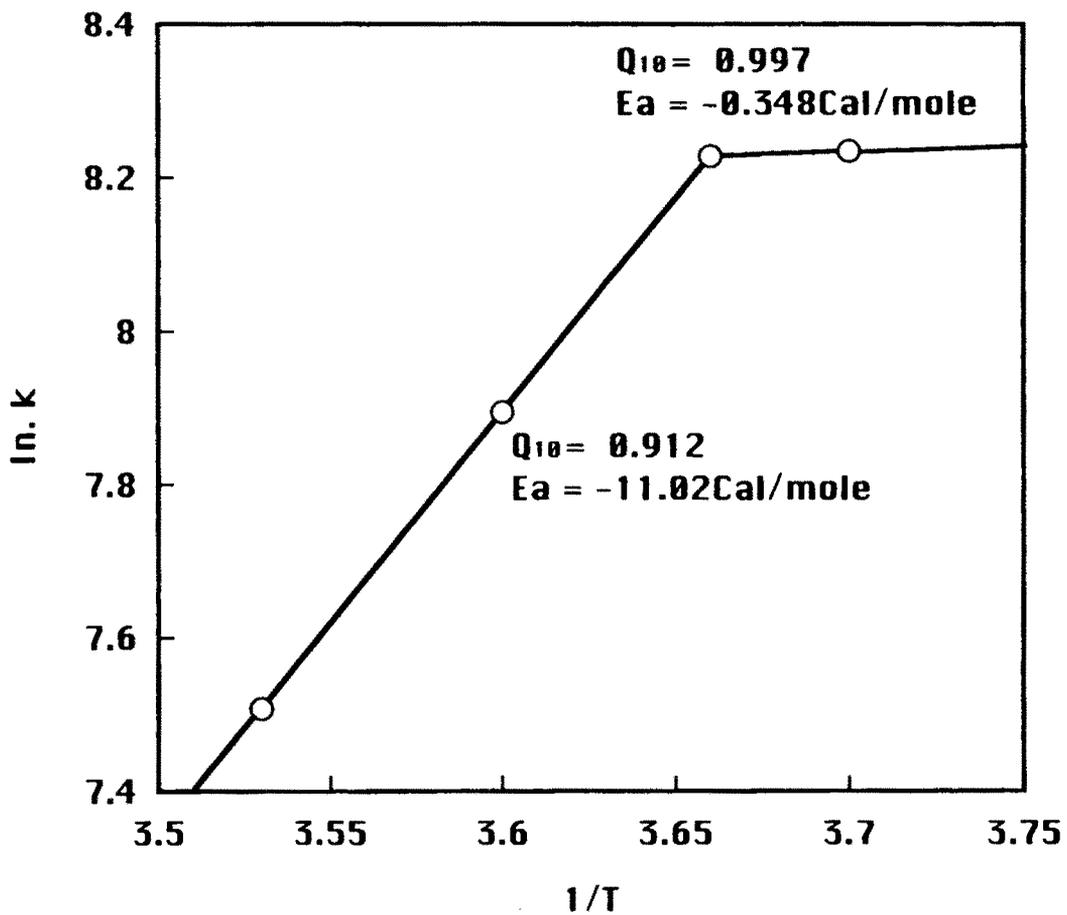


Fig.2-2-2. Arrhenius plot of rigor index changes at various temperature.

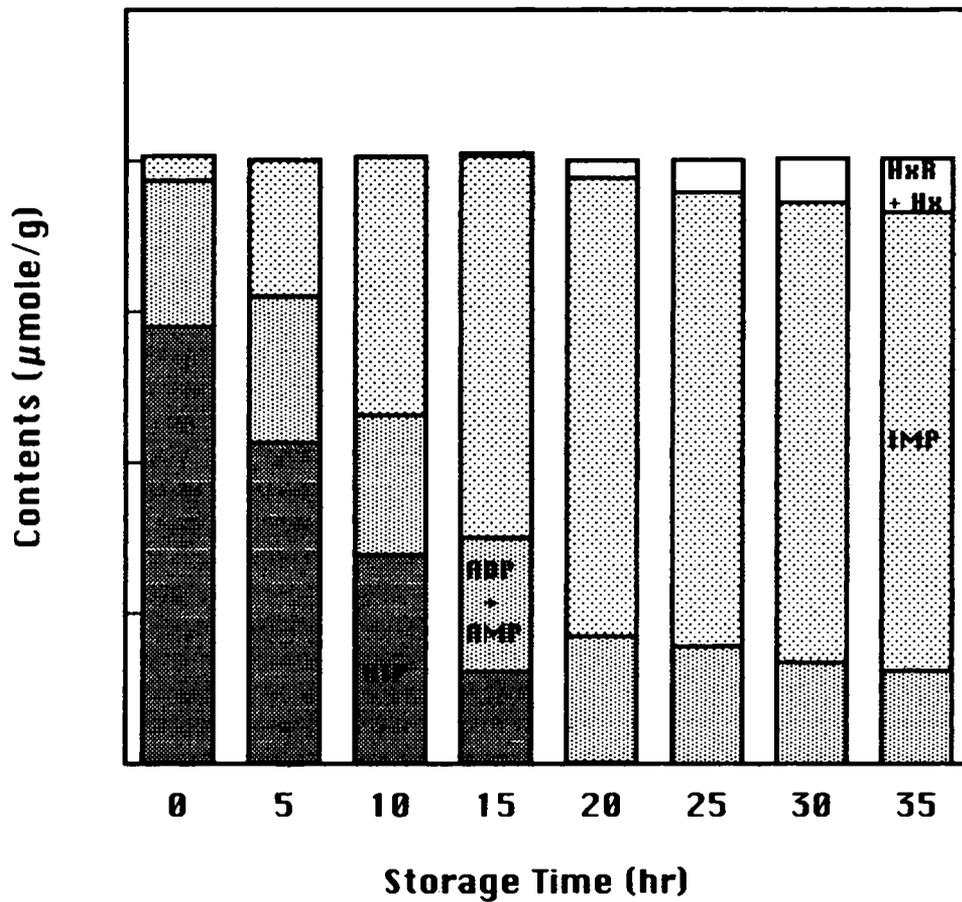


Fig.2-2-3. Changes in contents of ATP and its related compounds in plaice muscle during storage at -3°C.

즉살한 넙치육을 -3°C 에 저장하는 동안의 ATP관련물질들의 변화를 나타내었다. ATP함량은 저장 초기부터 다른 저장 온도에 비해 급격히 감소하여 20시간후에 완전히 분해되었고, ADP와 AMP는 저장 초기부터 완만하게 감소하여 35시간후에도 $1.24\ \mu\text{mole/g}$ 의 값을 나타내었다. IMP함량은 20시간 후에 $6.08\ \mu\text{mole/g}$ 의 최대 축적량을 보인 후에 거의 일정하게 유지되었으며, 완전경직 도달시간 부근인 20시간 후에는 최대값을 나타내었다. Inosine(HxR)과 hypoxanthine(Hx)의 함량은 다른 저장 온도에 비해 극히 완만하게 증가되었다. 즉살한 넙치육을 0°C 에 저장하는 동안에 ATP함량은 저장 초기부터 급격히 감소하여 25시간후에 완전히 분해되었고, ADP 및 AMP는 완만히 감소하였다. IMP는 저장 직후부터 축적되어서 완전경직도달 시간 부근인 25시간후에 $6.13\ \mu\text{mole/g}$ 을 나타내었다. Inosine(HxR)과 hypoxanthine(Hx)의 함량은 저장기간중에 완만히 증가하여 저장 35시간 후에는 $1.31\ \mu\text{mole/g}$ 의 값을 나타내었다(Fig.2-2-4). 저장온도 5°C 에서 ATP 관련 물질들의 변화(Fig.2-2-5)는, ATP함량은 초기에 서서히 감소하였으며, 저장 10시간 후부터 급격히 감소하여 30시간 이후에 완전히 분해되었다. ADP+AMP는 저장기간을 통하여 서서히 감소하였고 IMP는 저장 직후부터 증가하여 저장 30시간후에 $5.96\ \mu\text{mole/g}$ 으로 최대 축적량을 보였다. 즉살한 넙치를 10°C 에 저장하는 동안의 ATP관련물질들의 변화(Fig.2-2-6)를 보면, ATP함량은 -3°C 및 0°C 와 달리 10시간후까지 일정하게 유지되다가 이후 완만히 감소하였으며, 사후경직 개시시간인 10시간 후에 $5.63\ \mu\text{mole/g}$ 으로 ATP분해속도는 초기부터 완만하였으며, 30시간 이후에 ATP는 완전히 분해되었다. ADP와 AMP는 저장 초기부터 거의 일정하게 유지되었다. IMP의 함량은 저장초기부터 증가되어 경직 개시기인 10시간후에 $1.04\ \mu\text{mole/g}$ 으로, 같은 저장시간의 0°C 의 $2.25\ \mu\text{mole/g}$ 에 비해 IMP의 축적이 느렸으며, 35시간후에 $4.98\ \mu\text{mole/g}$ 을 나타내었다. 사후 근육중의 ATP 관련 물질들의 분해는 시간의 경과와 함께 각각의 관련 효소에 의하여 진행되며, 일반적

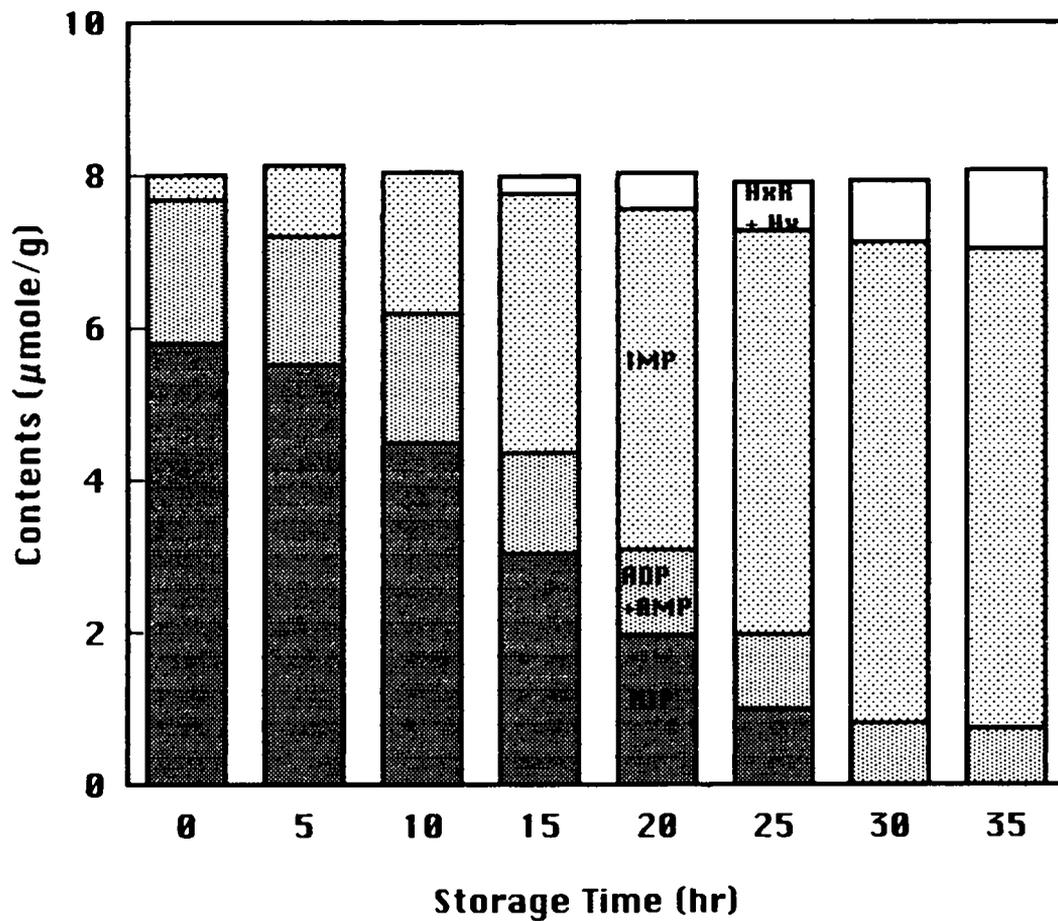


Fig.2-2-4. Changes in contents of ATP and its related compounds in plaice muscle during storage at 0°C.

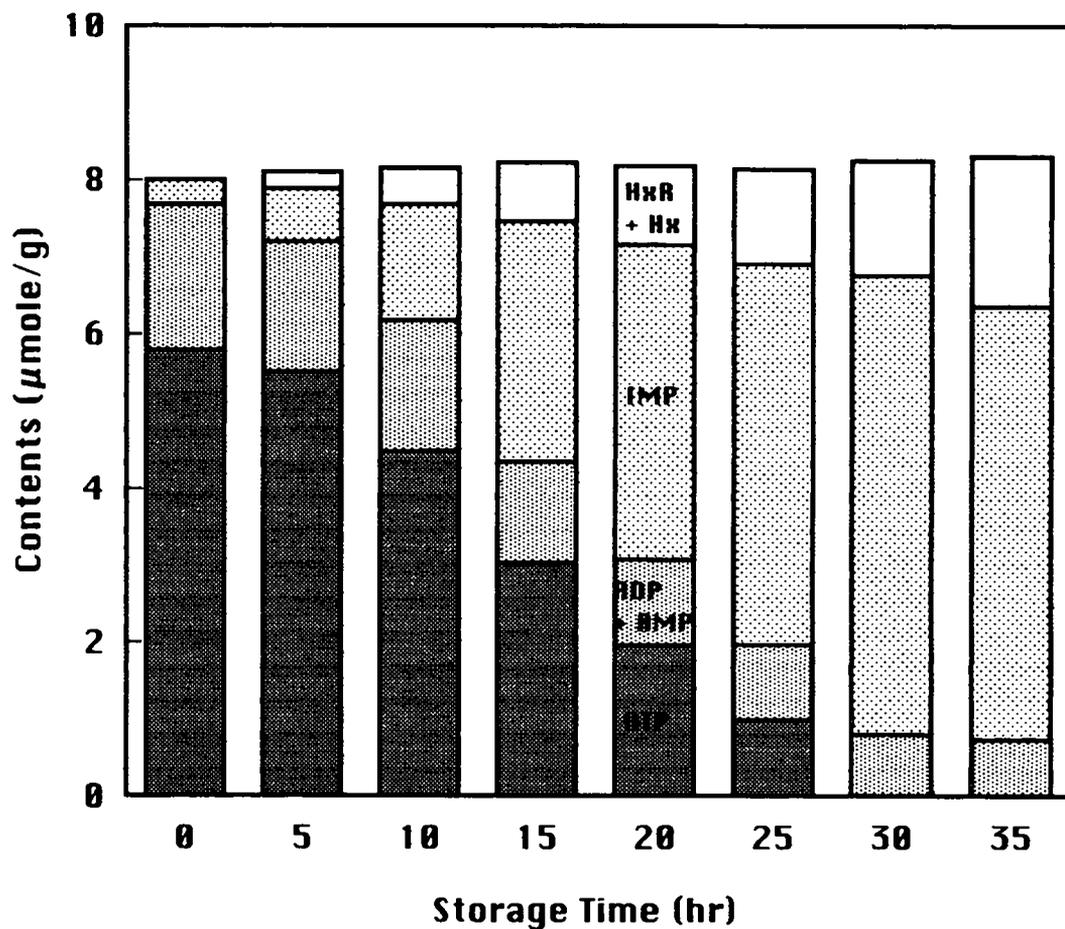


Fig.2-2-5. Changes in contents of ATP and its related compounds in plaice muscle during storage at 5°C.

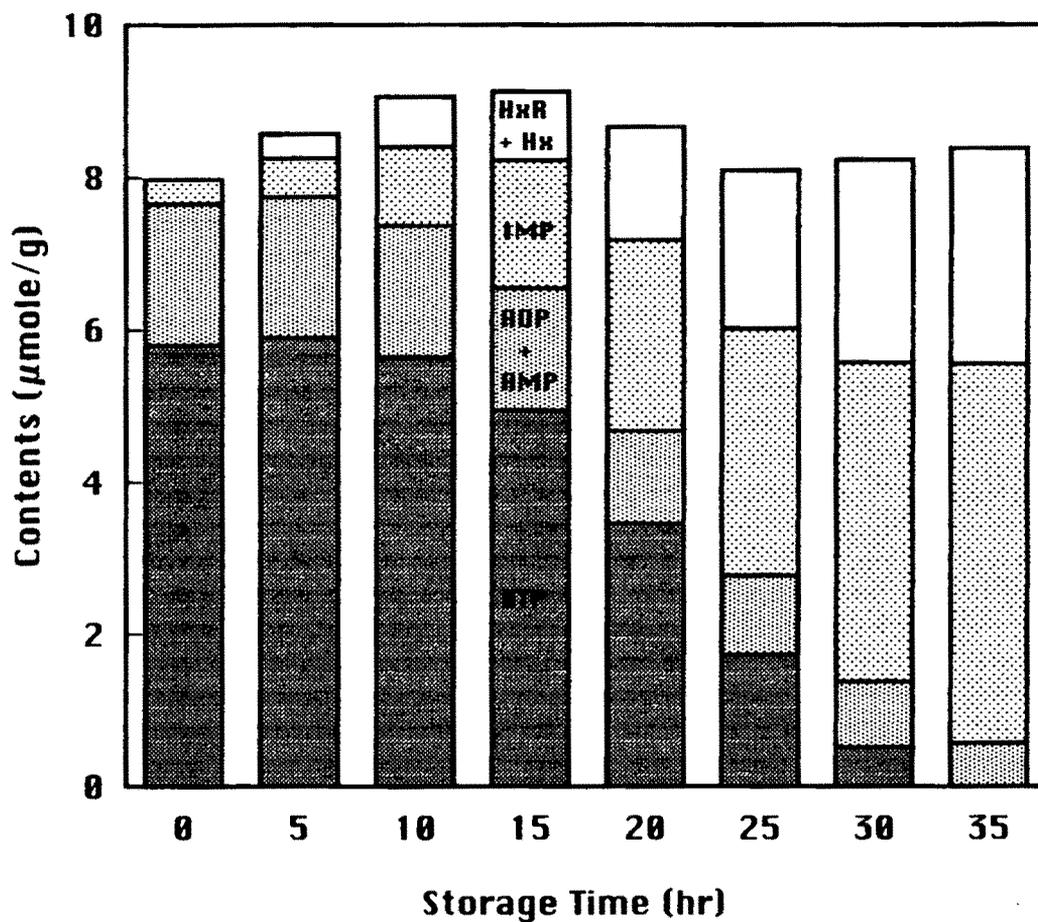


Fig.2-2-6. Changes in contents of ATP and its related compounds in plaice muscle during storage at 10°C.

으로 온도의존성을 나타내는 것으로 알려져 있다(岩本 등, 1985, 1986, 1990a, b ; Iwamoto et al., 1987, 1988 ; Watabe et al., 1989, 1991).

본 실험의 결과, 사후 조기에 ATP의 분해가 저온에서 촉진되는 결과는 저장온도에 따른 근소포체의 Ca^{2+} 수용능력의 차이 때문이라는 Iwamoto et al.(1988)의 보고와 잘 일치되는 결과였다. 또, $10^{\circ}C$ 보다 $0^{\circ}C$ 및 $-3^{\circ}C$ 의 저온에서의 IMP의 생성 속도가 빠른 결과도 Bito et al.(1983)이 보고한 바와 같이 IMP함량의 증가는 AMP의 탈아미노 반응은 저온에서도 용이하게 진행되지만 IMP의 탈인산 반응은 저온에서 꽤 늦어지므로, 저장온도가 낮을수록 IMP의 축적이 촉진되는 것으로 생각된다. 이러한 결과는 조동(1993)의 연구결과와 거의 일치하였다.

다. ATP 분해속도에 대한 저장온도의 영향

근수축의 energy원은 해당 및 호흡계의 의하여 만들어지는 ATP중의 3번째의 인산이 연결된 부분에는 高energy가 축적되어 있으며, 가수분해되어서 ATP와 인산으로 될 때에 1mole 당 약 1kcal의 energy를 발생하며, 이 화학 energy가 근육내의 있는 수축성 단백질인 myosin과 actin에 의하여 운동 energy로 변환되어서 근수축이 일어난다. 어류 근육중의 ATP 함량은 $5 \sim 10 \mu\text{mole/g}$ 의 범위이며, 사후 얼마동안은 근육중의 ATP가 일정한 값을 유지하는데 이것은 ATP재생의 반응계가 존재하기 때문이다. 즉, 근육중의 ATP량보다 약 3~4배 존재하는 creatine phosphate가 creatinekinase에 의하여 ADP와 반응하여 ATP가 재생되는 경로와 adenylate kinase라는 효소에 의하여 2분자의 ADP로부터 1분자의 ATP가 재생되는 반응 경로, 그리고 혐기적인 상태에서 解糖作用에 의하여 ATP가 생성되는 반응 경로가 있으며, 근육중의 glycogen이 이용되면 ATP는 급속히 감소한다.

즉살한 넙치육을 각온도에 저장하는 동안의 ATP의 분해 정도를 Fig.2-2-7에 나타내었다. ATP 분해는 $-3^{\circ}C$ 에서 가장 빨랐으며, 다음으로

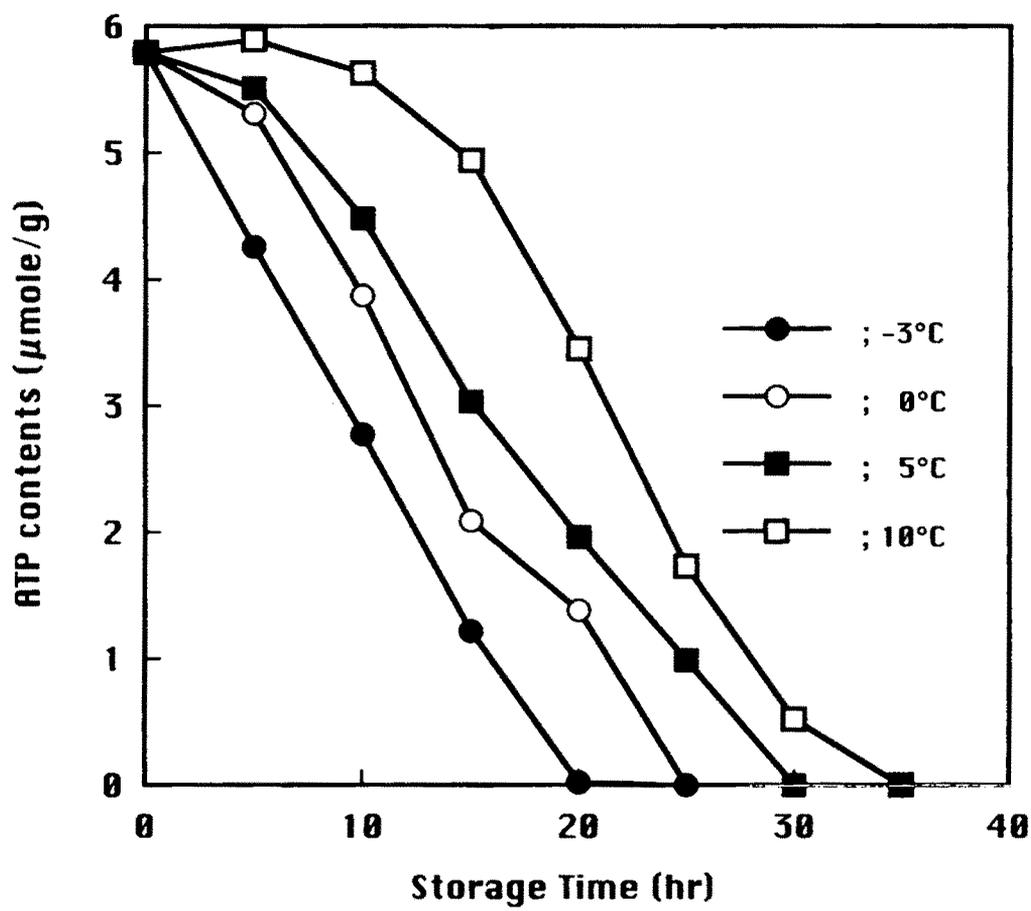


Fig. 2-2-7. Changes in contents of ATP in plaice muscle during storage at various temperature.

0℃였고 5℃와 10℃ 순서였다. -3℃에서 ATP는 저장 초기부터 급격히 감소하였고 완전 분해 시간은 20시간으로 다른 저장 온도보다 짧았으며, 이때 근육은 거의 완전경직 상태였다. 0℃에서의 ATP의 완전 분해 시간은 20시간 이후로 -3℃보다 연장되었으며, 저장 25시간후의 경직도는 94%로 완전경직 직전이었다. 5℃에서의 ATP는 -3℃ 및 0℃와 달리 저장 초기에는 일정하게 유지되다가 25시간후에 완전분해되었으며, 이 때의 경직도는 약 70%였다. 또한, 10℃에서의 ATP는 5℃와 동일하게 초기에는 거의 일정하게 유지되다가 이후 완만히 감소하였으며, 완전분해 시간은 30시간 이후로 다른 저장 온도보다 연장되었고, 이 때의 경직도는 약 50%로 전체 저장 온도중에서 가장 낮은 값을 나타내었다.

ATP분해의 일반적인 경향은 저장온도가 낮을수록 초기부터 빨랐으며, 저장 온도가 높을수록 초기에는 거의 일정하게 유지되다가 이후 완만히 감소함을 나타내었다. -3℃ 및 0℃의 저온 저장에서 ATP의 분해 속도가 빠른 것은 Bito et al.(1983)이 고등어를 -2.5℃에 저장할 때, 그리고 Matsumoto and Yamanaka(1990)가 보리새우를 -1℃에 저장할 때에 ATP의 분해속도가 빨랐다는 보고와 일치하였다. 5℃ 및 10℃ 저장에서 사후 일정기간 동안 ATP함량이 일정하게 유지되었는데, 이러한 결과는 Watabe et al.(1991)의 근육중의 creatine phosphate가 ADP에게 인산기를 공급하기 때문이라는 보고와 岩本 등(1985)의 혐기적 조건에서 glycogen이 분해되어 해당계에서 ATP가 재합성되기 때문에 저장의 극히 초기에 ATP가 일정하게 유지되다가 급격히 감소한다는 보고로 설명할 수 있다. 각종 온도에서의 ATP분해 속도 상수는 -3℃ 0.292h^{-1} , 0℃ 0.241h^{-1} , 5℃ 0.203h^{-1} , 그리고 10℃ 0.113h^{-1} 였다. 또, ATP분해 속도의 온도의존성을 Arrhenius식을 이용하여 나타낸 결과(Fig. 2-2-8), 경직 진행의 온도의존성과 유사한 경향을 나타내었으며, 5℃ 및 10℃보다 -3℃ 및 0℃에서 반응이 촉진되었다. 즉, 0℃ ~ 10℃ 영역에서의 Q_{10} 은 0.862, E_a 는 -11.628Cal/mole 였으며, -3℃ ~

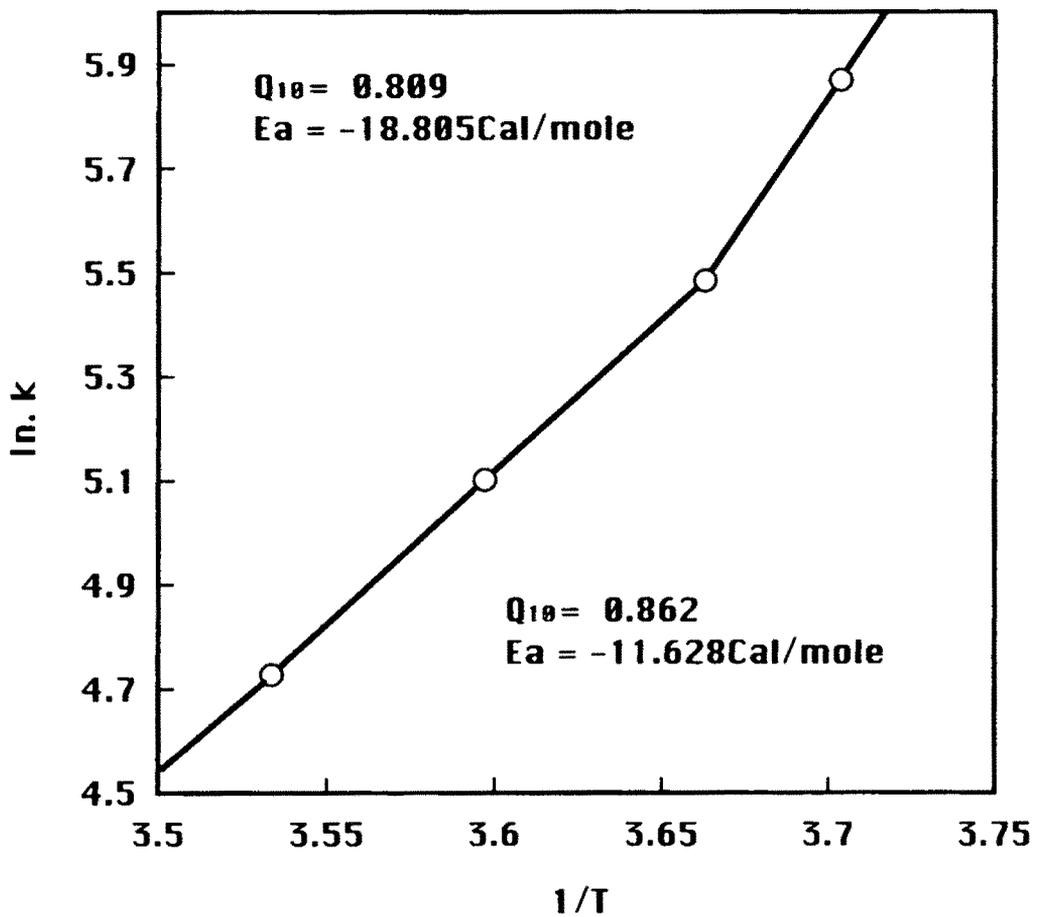


Fig.2-2-8. Arrhenius plot of ATP breakdown rates at various temperature.

0°C 영역에서의 Q_{10} 은 0.809, E_a 는 -18.805Cal/mole이었다.

라. 유산량의 변화

생체중의 ATP합성에 관여하는 대사계로서 glycogen 및 glucose를 출발 물질로 하는 혐기적 대사인 해당을 들 수 있다. Glycogen은 glycogenphosphorylase의 작용에 의하여 glucose-1-인산을 생성하며 이 1mole로부터 최종적으로 2mole의 L-유산 및 2mole의 ATP가 생성된다. 死直後 근육에는 유산이 거의 축적되어 있지 않으며, ATP량이 감소하기 시작하면 경직이 개시되는데 이시점에서 유산의 축적량은 증가하기 시작한다. 그 후 ATP의 감소에 따라서 사후 경직은 급속히 진행하며 유산 축적량은 증대한다. 사후 경직도가 100%에 도달한 완전경직 시점에서 creatine phosphate 및 ATP가 거의 완전히 소실됨과 동시에 유산의 축적량은 최대값에 도달한다.

즉살한 넙치를 각종 온도에 저장하는 동안, 근육중에 축적되는 유산량의 변화를 Fig.2-2-9에 나타내었다. 즉살 직후의 유산량은 $12.3 \mu \text{mole/g}$ 이었으며, 경직이 진행되는 동안에 증가하는 경향을 보여, -3°C에서의 유산 축적량은 다른 저장 온도에 비해 급격히 증가되었으며, 저장 초기부터 급격히 증가하다가 저장 25시간후에 최대값($55.3 \mu \text{mole/g}$)에 달한 후 일정하게 유지되었다. 0°C에서는 20시간후에 유산 축적량은 $43.2 \mu \text{mole/g}$ 으로, -3°C에 비해 낮은 값을 나타내었으며 그 이후로 큰 증가는 없었다. 5°C에서 유산의 축적이 가장 완만하였고, 최대 축적량 또한 가장 적었으며, 35시간후에 $35.1 \mu \text{mole/g}$ 을 나타내었다. 10°C는 5°C보다 유산의 축적이 촉진되어서 35시간후에 $41.5 \mu \text{mole/g}$ 을 나타내었다.

본 실험의 결과, -3°C저장에서 유산량의 급격한 증가는 최대빙결정 생성대에서 빙결정의 생성 및 한냉 수축 등으로 인하여 혐기적 조건에서의 해당이 촉진되기 때문에 ATP의 감소, 경직의 진행 그리고 최종 생성물인 유

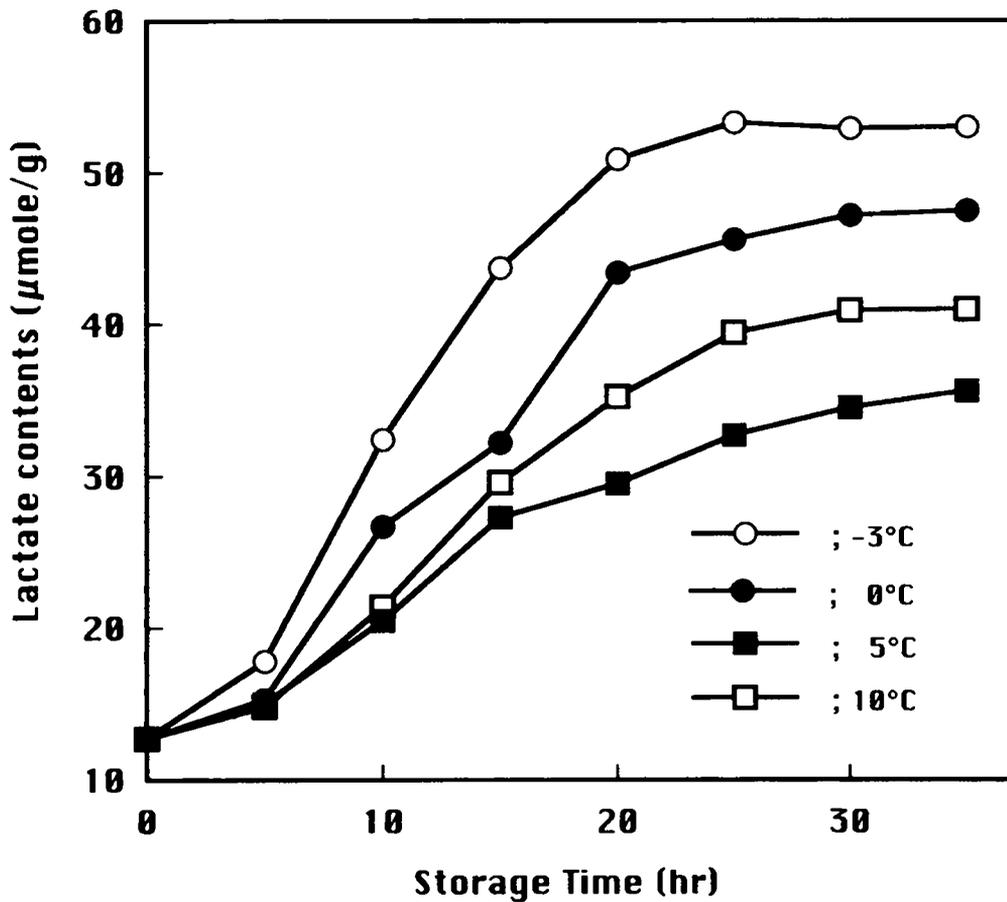


Fig. 2-2-9. Changes in contents of lactate in plaice muscle during storage at various temperature.

산의 축적이 현저해진다는 보고(遠藤, 1989 ; 松本·山中,1991)와 일치하였다. 또한, 10℃저장에서의 유산의 증가가 5℃보다 높았는데, 이것은 고온에 의한 해당의 촉진 때문이라는 보고(遠藤, 1989)와 일치하는 것으로 생각된다. 유산 축적의 온도의존성을 Arrhenius식을 이용하여 Fig.2-2-10에 나타내었다. 즉, 5℃~10℃ 영역에서는 Q_{10} 은 1.928, E_a 는 8.516Cal/mole, 0℃~5℃ 영역에서는 Q_{10} 은 0.305, E_a 는 -11.803Cal/mole, 그리고 -3℃~0℃ 영역에서는 Q_{10} 은 0.55, E_a 는 -16.84Cal/mole이었다.

마. IMP 축적량의 변화

어육중의 정미성분은 아미노산중의 glutamic acid 그리고 핵산관련 물질중의 IMP 및 GMP(guanosine monophosphate)가 중심이 되며, 측면에서 맛을 보강시키는 glycine, alanine, proline, betaine, methionine, TMAO, glycogen 및 지질 그리고 무기질(Na^+ , Cl^- , K^+ , PO_4^{3-})등이 있다(須山·鴻巢, 1987). 또, glutamic acid와 IMP는 相乘效果를 일으켜서 umami가 향상된다(福場·小林, 1991 ; Yamaguchi, 1967 ; Yamaguchi and Takahashi, 1984).

즉살한 넓치육을 -3℃, 0℃, 5℃ 및 10℃의 각종 온도에 저장하는 동안의 IMP축적량의 변화를 나타내었다(Fig.2-2-11). IMP의 최대 축적 시간과 그때의 함량은 -3℃에서 각각 25시간과 6.10 μ mole/g, 0℃에서 30시간과 6.43 μ mole/g, 5℃에서 30시간과 6.32 μ mole/g, 그리고 10℃에서 35시간과 4.98 μ mole/g였다. 이와 같이, 저장 온도가 낮을수록 IMP 생성속도가 빠르고 최대 축적량이 높으며 분해 속도도 지연되는데, 이러한 결과는 IMP함량의 증가는 AMP의 탈아미노반응이 저온에서도 용이하게 진행되지만, IMP의 탈인산 반응은 저온에서 꽤 늦어지므로 저온일수록 IMP의 축적이 촉진되어 축적량이 많아진다는 Bito et al.(1983)의 보고와 일치하였다.

각 저장 온도에서의 IMP생성 속도 상수는 -3℃ 0.254h⁻¹, 0℃ 0.284h⁻¹,

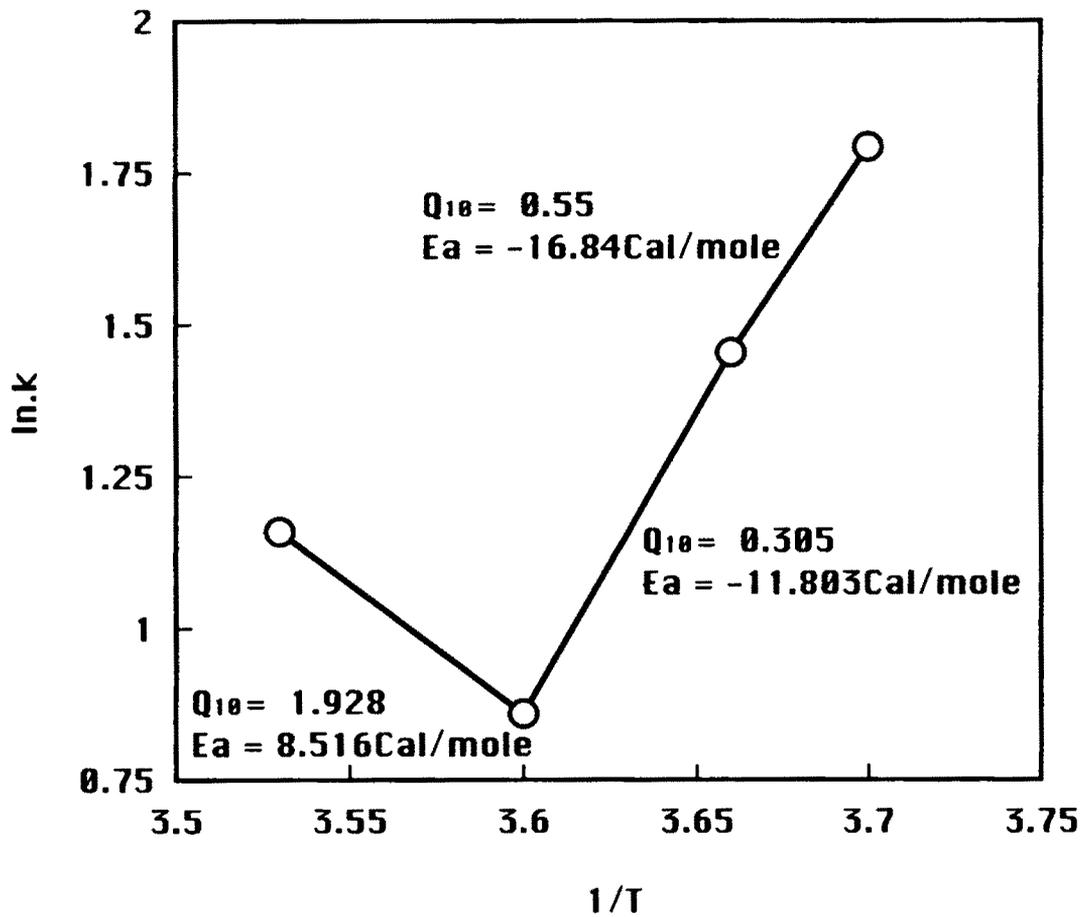


Fig.2-2-10. Arrhenius plot of lactate accumulation rates at various temperature.

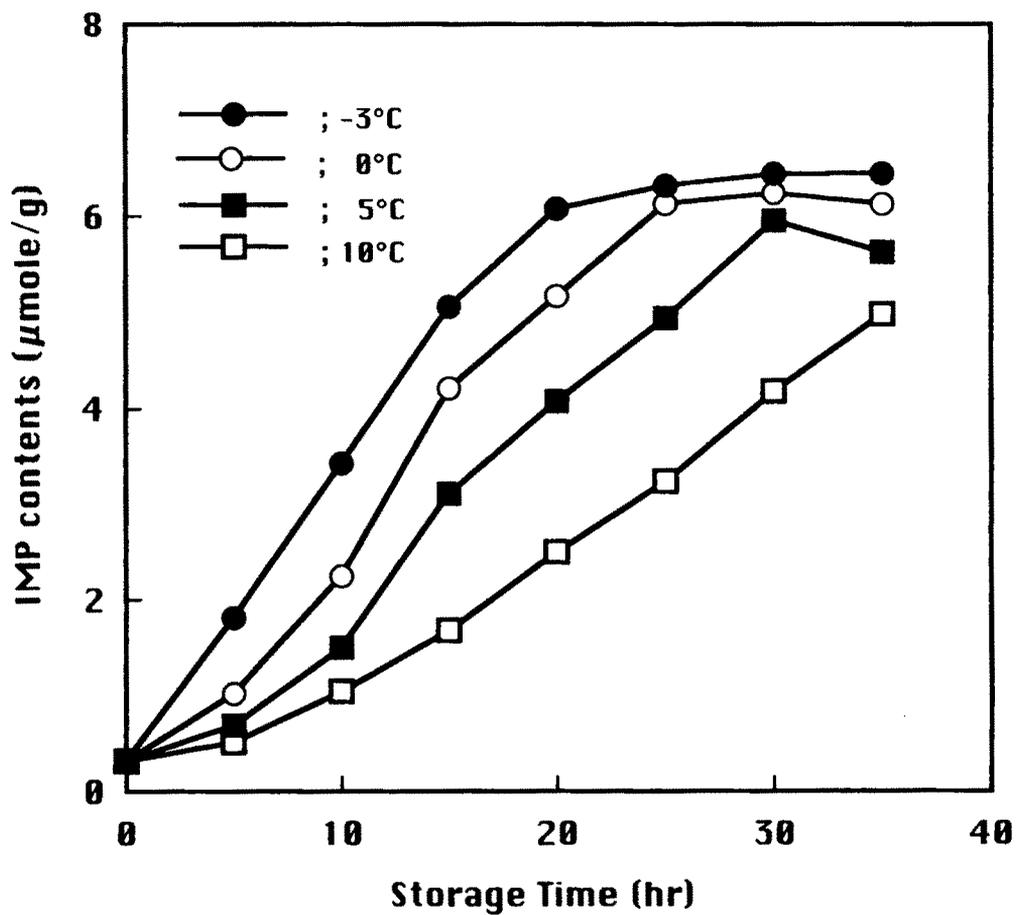


Fig. 2-2-11. Changes in contents of IMP in plaice muscle during storage at various temperature.

5°C 0.199h⁻¹ 그리고 10°C 0.121h⁻¹의 값으로, IMP의 생성은 -3°C에서 가장 빨랐고 다음으로 0°C, 5°C 및 10°C순으로, 저온일수록 촉진됨을 알 수 있다 (Fig. 2-2-12).

바. 유리아미노산의 변화

즉살한 넙치육을 -3°C, 0°C, 5°C 및 10°C의 각종 온도에 저장하는 동안의 육중의 유리 아미노산의 변화를 Table 2-2-2에서 Table 2-2-5에 나타내었다. 즉살 직후의 유리 아미노산 총량은 147.8mg/100g이었으며, 그중에서 lysine의 함량이 93.2mg/100g으로 가장 많아 전체의 63.1%를 차지하였다. 그 다음으로 arginine이 12.6mg/100g, alanine이 10.1mg/100g, 그리고 taurine이 9.6mg/100g으로 각각 전체의 8.5%, 6.8%를 그리고 6.5%를 차지하였다.

-3°C에서의 유리 아미노산의 변화를 Table 2-2-2에 나타내었는데, 저장 시간이 경과함에 따라서 육중의 유리 아미노산의 총량은 약간 증가하였다. 0°C저장(Table 2-2-3)에서 시간의 경과에 따라서 유리 아미노산의 총량은 거의 변화가 없었으며, 5°C(Table 2-2-4) 및 10°C(Table 2-2-5)에서는 저장시간이 길어짐에 따라서 유리 아미노산의 총량은 약간 증가하였다. 전체 저장 온도에서 유리 아미노산의 변화에 대한 저장온도의 영향은 크지 않았으나, 핵산 관련 물질중의 IMP와 相乘作用을 하여 umami를 향상시키는 glutamic acid는 저장 시간이 경과함에 따라 약간 증가하였다.

유리 아미노산중에서 umami를 갖는 glutamic acid와 핵산 관련 물질중의 정미 성분인 IMP가 서로 상승작용을 하여 맛이 향상됨이 알려져 있다. 즉, 단독의 glutamic acid와 IMP는 아주 낮은 맛의 세기를 가지지만, 혼합 시에는 서로 상호 작용에 의해 맛의 세기가 현저히 강해져서 umami가 향상된다(Yamaguchi, 1967 :Yamaguchi et al., 1968a,b,1971 :Yamaguchi and Takahashi, 1984). Yamaguchi et al.(1967,1968a,b 1971) 은 glutamic

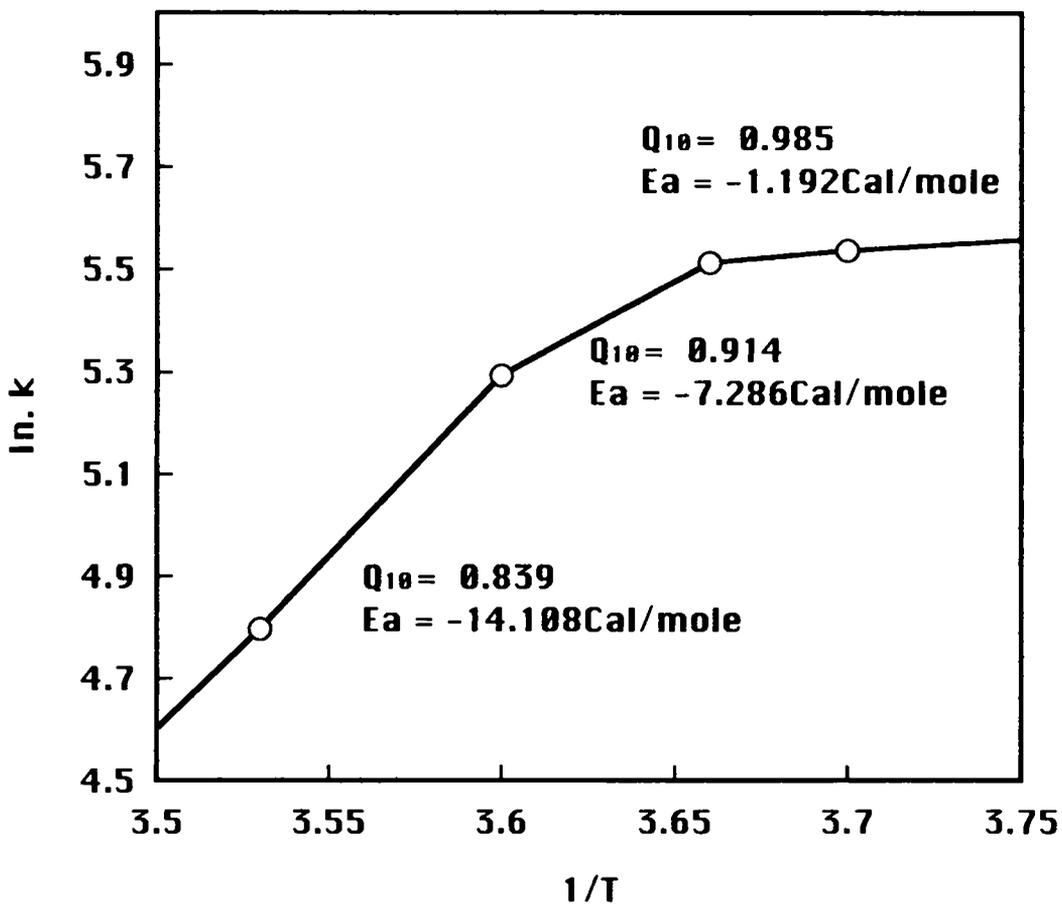


Fig.2-2-12. Arrhenius plot of IMP accumulation rates at various temperature.

Table 2-2-2. Changes of free amino acid in plaice muscle during storage at -3°C
(mg/100g muscle)

Free amino acids	Storage time (hr)			
	0	10	15	25
Taurine (Tau)	9.6	9.5	10.3	11.6
Aspartic acid (Asp)	0.4	0.5	0.5	0.5
Threonine (Thr)	0.9	1.2	1.7	1.8
Serine (Ser)	2.7	3.2	4.0	5.0
Proline (Pro)	0.2	0.3	0.4	0.6
Glutamic acid (Glu)	2.6	3.3	4.7	4.9
Glycine (Gly)	0.7	0.7	0.9	1.6
Alanine (Ala)	10.1	9.2	12.3	12.7
Cysteine (Cys)	3.6	4.1	4.7	7.0
Valine (Val)	0.6	0.7	0.9	1.1
Methionine (Met)	1.0	1.3	1.5	1.9
Isoleucine (Ile)	2.1	2.4	3.1	5.3
Leucine (Leu)	0.8	0.9	1.0	2.7
Tyrosine (Tyr)	2.5	2.9	3.3	3.2
Phenylalanine (Phe)	3.4	4.0	4.6	4.9
Lysine (Lys)	93.2	92.7	95.6	97.2
Histidine (His)	0.8	0.9	1.3	1.2
Arginine (Arg)	12.6	13.7	15.9	17.4
Total	147.8	151.0	166.9	180.6

Table 2-2-3. Changes of free amino acid in plaice muscle during storage at 0°C
(mg/100g muscle)

Free amino acids	Storage time (hr)			
	0	10	15	25
Taurine (Tau)	9.6	10.4	11.2	12.7
Aspartic acid (Asp)	0.4	0.5	0.5	0.5
Threonine (Thr)	0.9	1.3	1.7	1.9
Serine (Ser)	2.7	3.3	3.6	4.7
Proline (Pro)	0.2	0.3	0.4	0.6
Glutamic acid (Glu)	2.6	3.2	4.5	7.4
Glycine (Gly)	0.7	0.9	1.3	2.4
Alanine (Ala)	10.1	9.0	11.7	11.9
Cysteine (Cys)	3.6	4.4	4.5	5.6
Valine (Val)	0.6	0.6	0.8	1.1
Methionine (Met)	1.0	1.2	1.2	1.6
Isoleucine (Ile)	2.1	2.7	3.5	5.2
Leucine (Leu)	0.8	1.0	1.3	2.1
Tyrosine (Tyr)	2.5	2.6	2.7	3.9
Phenylalanine (Phe)	3.4	3.1	3.2	3.8
Lysine (Lys)	93.2	93.2	97.4	98.6
Histidine (His)	0.8	0.8	0.9	1.4
Arginine (Arg)	12.6	13.4	14.8	16.7
Total	147.8	151.9	165.2	182.1

Table 2-2-4. Changes of free amino acid in plaice muscle during storage at 5°C
(mg/100g muscle)

Free amino acids	Storage time (hr)			
	0	10	15	25
Taurine (Tau)	9.6	12.6	13.8	15.8
Aspartic acid (Asp)	0.4	0.4	0.4	0.4
Threonine (Thr)	0.9	1.3	1.5	1.6
Serine (Ser)	2.7	3.0	4.1	4.4
Proline (Pro)	0.2	0.4	0.4	0.4
Glutamic acid (Glu)	2.6	3.5	4.2	5.7
Glycine (Gly)	0.7	0.7	1.7	2.3
Alanine (Ala)	10.1	9.2	10.6	12.5
Cysteine (Cys)	3.6	4.9	5.9	6.2
Valine (Val)	0.6	0.8	1.1	1.2
Methionine (Met)	1.0	1.4	1.9	2.1
Isoleucine (Ile)	2.1	3.5	4.3	4.7
Leucine (Leu)	0.8	1.4	2.1	2.4
Tyrosine (Tyr)	2.5	1.4	2.8	3.2
Phenylalanine (Phe)	3.4	2.9	3.4	3.7
Lysine (Lys)	93.2	95.3	96.2	102.0
Histidine (His)	0.8	0.8	0.8	1.2
Arginine (Arg)	12.6	12.9	15.3	15.8
Total	147.8	156.4	170.5	185.6

Table 2-2-5. Changes of free amino acid in plaice muscle during storage at 10°C
(mg/100g muscle)

Free amino acids	Storage time (hr)			
	0	10	15	25
Taurine (Tau)	9.6	12.5	14.8	17.2
Aspartic acid (Asp)	0.4	0.4	0.4	0.5
Threonine (Thr)	0.9	1.5	1.9	2.3
Serine (Ser)	2.7	3.1	3.9	4.7
Proline (Pro)	0.2	0.4	0.4	0.4
Glutamic acid (Glu)	2.6	3.7	5.4	6.4
Glycine (Gly)	0.7	0.8	1.4	1.9
Alanine (Ala)	10.1	10.0	12.3	14.8
Cysteine (Cys)	3.6	4.8	4.8	5.7
Valine (Val)	0.6	0.7	1.0	1.3
Methionine (Met)	1.0	0.8	1.2	1.6
Isoleucine (Ile)	2.1	3.6	3.7	4.9
Leucine (Leu)	0.8	2.4	2.6	2.9
Tyrosine (Tyr)	2.5	1.4	2.7	3.0
Phenylalanine (Phe)	3.4	3.0	3.5	3.9
Lysine (Lys)	93.2	97.8	103.9	117.2
Histidine (His)	0.8	1.0	1.2	1.9
Arginine (Arg)	12.6	13.3	15.6	16.7
Total	147.8	161.2	180.7	207.3

acid 와 IMP의 농도를 달리하여 만든 혼합액을 사용하여 관능 검사한 결과로부터, 혼합액의 맛의 세기(맛의 상승 효과)를 식 $y=u+ruv$ 으로 나타내었다. 여기서 u는 혼합액중의 glutamic acid의 농도(g/100ml), v는 혼합액중의 IMP의 농도(g/100ml),그리고 r은 반응 상수로서 1.128×10^3 값을 나타낸다.

Table 2-2-6에는 즉살한 넙치육을 각온도에 저장하는 동안에 육중의 glutamic acid가 IMP와 상승작용을 하여 미각이 향상되는 정도를 맛의 세기로서 나타내었다. 즉살 직후의 맛의 상승 효과는 0.037의 값을 나타내었다.

Table 2-2-6. Synergistic taste effect of glutamic acid and IMP of plaice muscle during storage at various temperature

Storage temperature (°C)	Storage time(hr)		
	0	10	25
-3	0.035	0.523	1.349
0	0.035	0.503	1.582
5	0.035	0.253	1.042
10	0.035	0.098	0.104

Data was calculated by the following equation;

$$Y = u + ruv$$

where, Y is the taste intensity of the muscle of both glutamic acid and IMP

u is the concentration(g/100g) of glutamic acid in the muscle

v is the concentration(g/100g) of IMP in the muscle

r is the positive constant as 1.128×10^3 .

으나, 시간이 경과할수록 또 저장 온도가 낮을수록 맛의 상승 효과가 큼을 알 수 있다. 즉, 10시간후의 맛의 세기는 -3°C 에서 저장 온도가 낮을수록 빠르게 증가하였다. 이러한 결과는, 각종 온도에 저장중에 glutamic acid의 증가에 의한 영향 보다는 Fig.2-2-11에 나타낸 바와같이, 저장온도가 낮을수록 IMP생성의 촉진의 결과로 인한 상승작용의 영향으로 생각된다.

상기의 결과로부터, 즉살 활어를 IKESHIME 온도인 10°C 보다는 저온(0°C 전후)에서 일정 시간 저장하므로써 생선회를 먹을 때에 혀로 느끼는 미각이 더 향상될 뿐만 아니라, 즉살 직후 보다도 저장기간이 길어질수록 맛이 향상된다고 할 수 있다.

사. K값의 변화

K값은 근육중의 ATP관련 화합물을 지표로 하는 어패류의 신선도 판정의 척도로서, 선도 저하에 따라서 그 값이 증가한다. 丙山·江平(1970)은 다수의 생선 시료의 K값을 측정한 결과, 평균값과 95% 신뢰 구간은 즉살 어에서 $3.51 \pm 1.9\%$, 고급 참치와 초밥류에 사용되는 생선은 $18.7 \pm 4.0\%$, 소매점의 생선어는 $34.0 \pm 2.7\%$ 의 값을 얻었으며, 일반적으로 K값이 5% 이내인 경우는 활어로 취급되며, 20%까지는 횡감으로, 50%이상은 초기 부패로 알려져 있다. 또, 생균수, VBN, 그리고 TMA가 생선의 초기부패의 정도를 나타내는 지표로 사용되는 반면, K값은 사후 초기의 신선도의 지표로 사용된다.

즉살한 넙치육을 각종 온도에 저장하는 동안에 신선도 지표인 K값의 변화를 Fig.2-2-13에 나타내었다. 사후 경직 개시 시점에서 각 저장 온도에서의 K값을 비교해 보면, -3°C (15시간)에서는 0%로 inosine과 hypoxanthine이 검출되지 않았으며, 0°C (10시간) 2.7%, 5°C (10시간) 2.7%, 그리고 10°C (10시간)에서 약 8%의 값을 나타내었다. 또, 완전 경직시의 K값은 -3°C 에서 4%, 0°C 에서 12%, 5°C 에서 19.5%, 그리고 10°C 에서

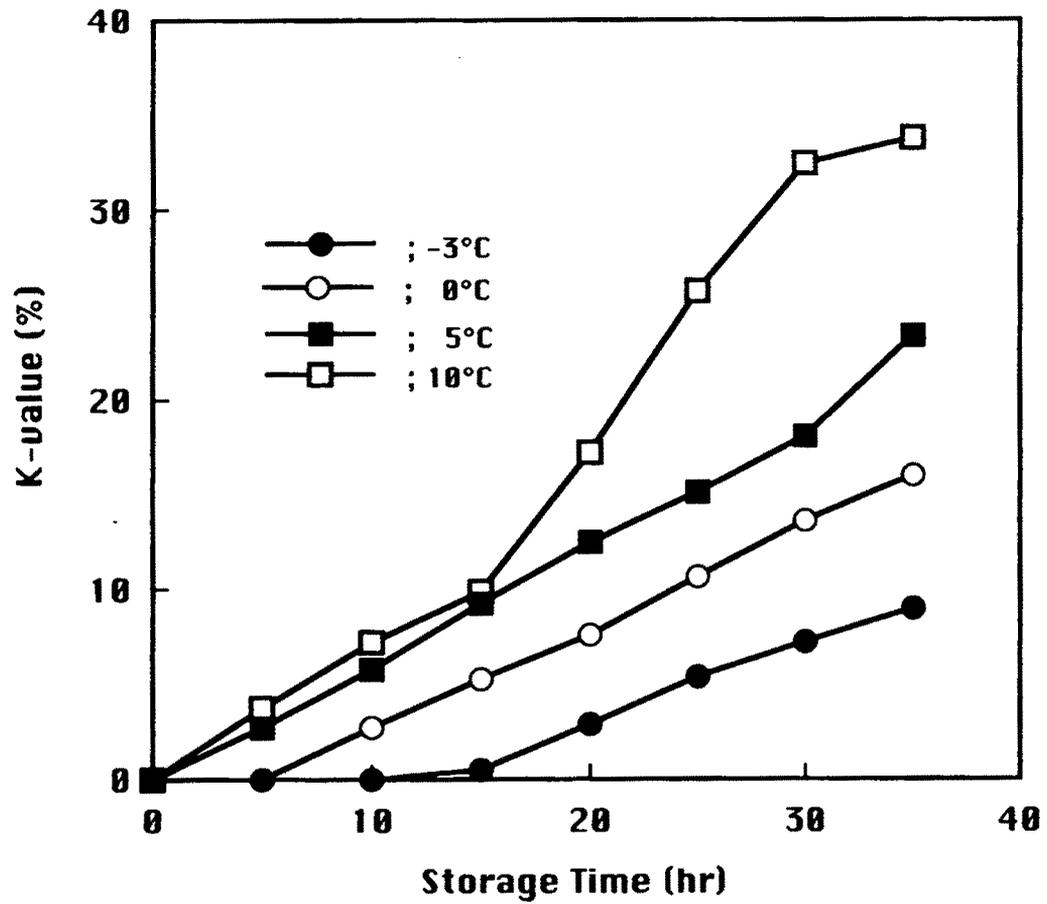


Fig. 2-2-13. Changes in K-value of plaice muscle during storage at various temperature.

35% 이상으로, 뚜렷한 온도의존성을 나타내었다. 극히 신선한 회의 한계값으로 알려져 있는 K값 5%에 도달하는 시간은 10℃ 7시간, 5℃ 10시간, 0℃ 16시간, 그리고 -3℃에서는 27시간이었다. 그리고, 핏감으로 이용 가능한 K값인 20%에 도달하는 시간은 10℃ 22시간, 5℃ 34시간, 0℃ 및 -3℃에서는 현저히 연장되었다. 즉살한 넙치육을 5℃이하에 저장하였을 경우, 신선도의 지표인 K값의 증가가 현저히 억제되었는데, 이러한 결과는 Iwamoto et al.(1987)가 넙치를 시료로 실험한 결과에 의하면 0℃에서 48시간후에 K값은 6% 이내로 가장 낮았고, 5℃와 10℃에서는 20% 이내로 신선함을 나타내었으며, 15℃와 20℃저장에서 K값은 급속히 증가하였다는 보고와 유사한 경향을 보였다. K값 증가의 온도의존성은 5℃~10℃ 영역에서 Q_{10} 은 1.295, E_a 는 24.667Cal/mole, -3℃~5℃ 영역에서 Q_{10} 은 1.058, E_a 는 5.247Cal/mole이었다(Fig.2-2-14).

상기의 결과로부터, 즉살 활어를 IKESHIME온도인 10℃보다는 저온(0℃ 전후)에서 저장하므로써 선도가 더 잘 유지된다고 할수 있다.

아. 파괴강도의 변화

육질의 단단함에는 육중의 결합조직의 주성분인 collagen의 함량 및 분포 형태에 따라서 결정되어지는 background toughness(어종에 따른 고유 단단함)와 사후 근육중의 ATP의 분해에 의해서 myosin과 actin의 결합에 의한 actomyosin 복합체 형성으로 발생하는 actomyosin toughness(근육 수축에 의한 단단함)로 나누어진다(山本·丸山, 1988). Background toughness는 死後 早期에 collagen matrix의 붕괴에 의하여 서서히 저하하는 반면에, actomyosin toughness는 살아 있는 근육의 이완시에는 생성되지 않지만 死後 早期에 ATP의 분해에 의하여 actomyosin 복합체가 형성되므로써 서서히 발생하게 된다. 어육의 단단함은 어종, 신선도 및 조리후의

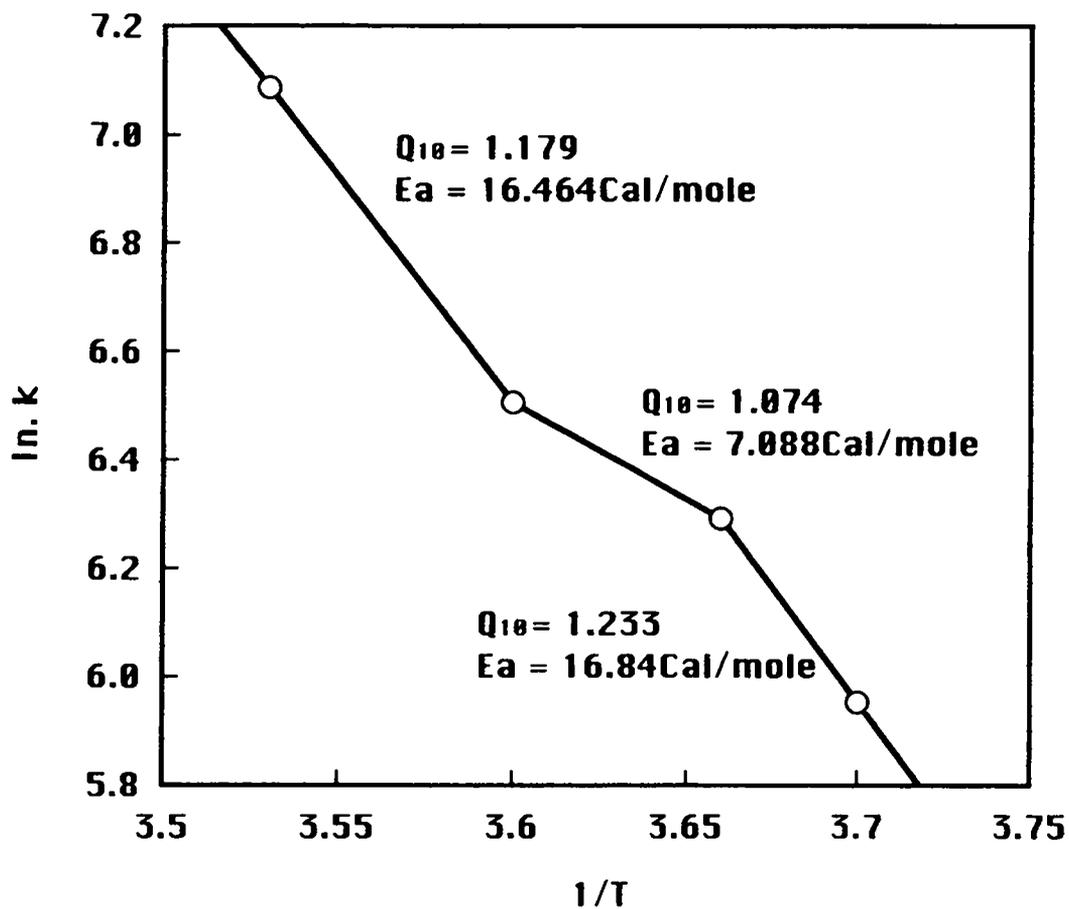


Fig.2-2-14. Arrhenius plot of K-value changes at various temperature.

저장조건 등에 영향을 받음이 알려져 있으며, 육질이 단단한 어종일수록 고급 핏감으로 취급된다. 따라서, 어육의 육질을 보다 단단하게 할려는 일련의 연구들이 시도되고 있다. 즉, 한약제를 사료에 첨가하여 투여 하므로서 근육중의 collagen의 함량 및 분포형태를 개선시켜서 background toughness를 향상시키는 방법(谷本·高橋, 1991) 및 양식 어류를 출하전에 일정 기간 강제로 운동을 시켜서 육질을 단단하게 하는 방법(橋 등, 1988) 들이다. 死後 早期에 근육의 수축에 의하여 형성되는 actomyosin toughness는 Fig.2-1-1에 나타낸 바와 같이 myosin과 actin의 결합에 의하여 생기는 장력으로부터 나타난다. 死後 早期에 육의 연화에 의한 background toughness의 저하가 일어나지 않는 시점에서 actomyosin toughness가 증가한다면, Fig.2-1-2에 나타낸 바와 같이 background toughness에 actomyosin toughness가 더하여지므로, 육질의 전체적인 toughness가 증가되어 육질이 더 단단해질 것이다. 본 항에서는 육질의 전체적인 toughness가 상승하는 조건을 찾기 위하여, 死後 早期의 육질의 toughness의 변화에 대한 저장 온도의 영향을 검토하였다.

즉살한 넙치를 각종 온도에 저장하는 동안의 육의 파괴강도의 변화를 Fig.2-2-15에 나타내었다. 즉살 직후의 파괴 강도는 $1736.2 \pm 32.9g$ 이었으나, $-3^{\circ}C$ 저장에서 파괴강도는 급격히 증가하여 5시간후에 $1853.6 \pm 35.4g$, 10시간후에 $2246.3 \pm 30.2g$ 으로 최대값에 도달했으며, 이후 다른 저장온도에 비해 급격히 저하하여 20시간후에 $1173.5 \pm 27.2g$ 이었다. $0^{\circ}C$ 저장에서의 파괴강도도 $-3^{\circ}C$ 에서와 같이 급속히 증가하여 10시간후에 최대값인 $2207.2 \pm 31.2g$ 을 나타내었으며, 그 이후에 저하하여 16시간 후에 $1786.3 \pm 42.7g$ 의 값을 나타내었다. 최고값에 도달한 후의 저하속도는 $-3^{\circ}C$ 보다는 느렸으며 20시간후에 $1496.5 \pm 23.7g$ 으로 되었다. 한편, $5^{\circ}C$ 저장에서는 10시간후에 $2153.3 \pm 35.2g$ 으로 최고값을 나타내었으나 $0^{\circ}C$ 보다 낮았으며, 16시간후에는 $1900.7 \pm 26.3g$ 의 값으로 $0^{\circ}C$ 저장구보다 높은 값을 나타내었으

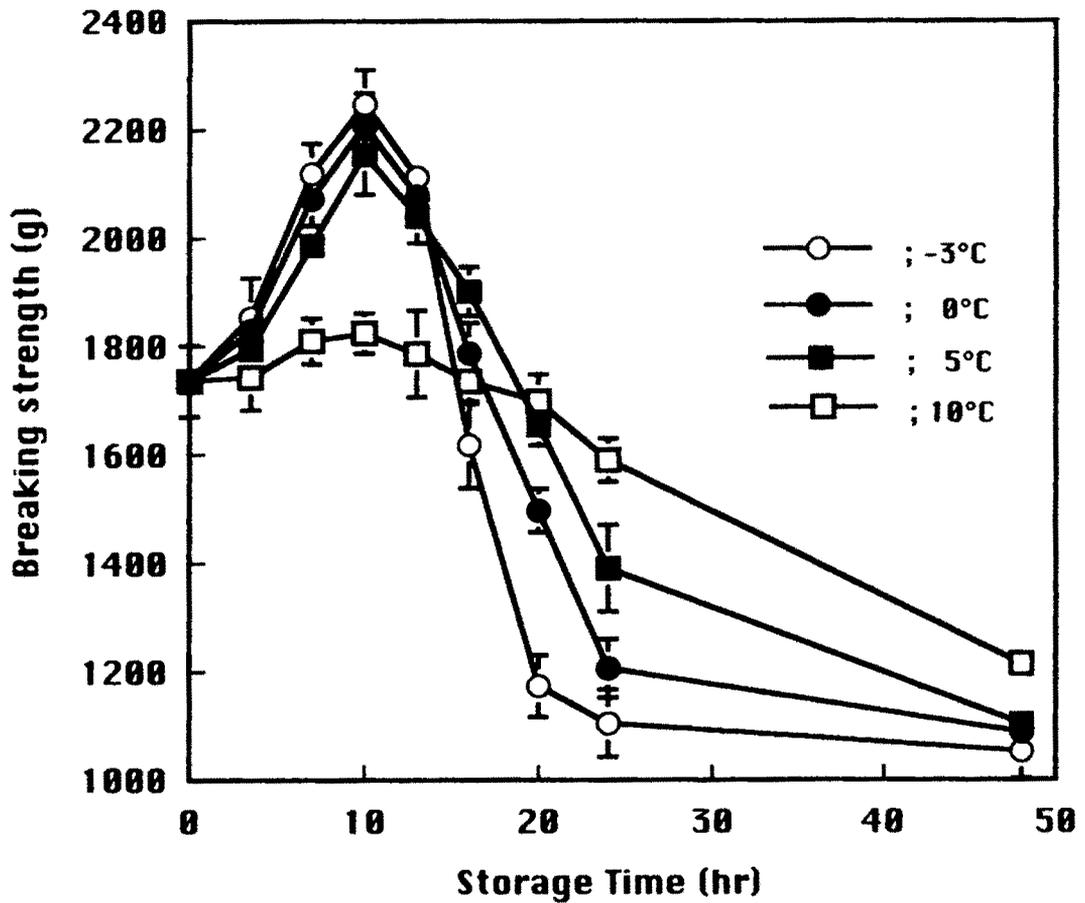


Fig.2-2-15. Changes in breaking strength of plaice muscle during storage at various temperature.

며, 즉살 직후보다도 높았다. 또, 16시간 이후의 감소 속도는 0℃보다는 늦었으나 10℃보다는 빨랐다. 한편, 10℃저장에서는 10시간까지 파괴강도값은 약간 상승하였으나 거의 일정하게 유지되었으며, 이후 다른 저장 온도보다 극히 완만하게 감소하였다. 각종 저장 온도에서의 파괴강도의 최대값은 10시간 저장후에 -3℃에서 $2241.3 \pm 30.2g$, 0℃에서 $2207.2 \pm 31.2g$, 5℃에서 $2153.3 \pm 35.2g$ 그리고 10℃에서 $1823.5 \pm 29.7g$ 으로, -3℃에서 가장 높은 값을 나타내었고 다음으로 0℃, 5℃ 및 10℃순으로 저장 온도가 낮을수록 파괴 강도의 최대값은 높았다. 그리고, 파괴 강도가 최대값에 도달한 이후의 저하속도는 -3℃, 0℃, 5℃, 10℃의 순으로 저장온도가 낮을수록 급속하였다. 즉, 즉살 직후부터 파괴강도가 최대값에 도달하는 증가속도 상수는 -3℃에서 $53.615h^{-1}$, 0℃에서 $49.358h^{-1}$, 5℃에서 $42.868h^{-1}$, 그리고 10℃에서 $9.821h^{-1}$ 였으며, 최대값에 도달한 이후의 저하 속도 상수는 -3℃에서 $91.197h^{-1}$, 0℃에서 $73.891h^{-1}$, 5℃에서 $55.084h^{-1}$, 그리고 10℃에서 $15.973h^{-1}$ 의 값을 나타내었다. Fig.2-2-16에 각종 저장 온도에서의 파괴 강도의 온도 의존성을 Arrhenius식을 이용하여 나타내었다. 즉살 직후부터 파괴 강도가 최대값에 도달하는 증가 속도와 최대값에 도달한 이후의 저하 속도는 저장 온도가 낮을수록 빨랐다. 파괴 강도값의 증가 구간에서의 Q_{10} 은 0.851, E_a 는 $-18.565Cal/mole$ 이었으며, 감소구간에서의 Q_{10} 은 0.863, E_a 는 $-19.848Cal/mole$ 이었다.

자. 근원섬유의 형태학적 관찰

근원 섬유상에서 하나의 Z선에서 Z선까지를 근절(sarcomere)이라고 부르며, 이것이 근수축의 기본단위가 된다. 근육이 수축시에 A대의 폭은 좁아지지 않고 그대로 유지되지만, H대 및 I대가 좁아짐이 위상차 현미경으로 관찰되며, 수축시에 근절이 단축되는 것은 thin filament인 actin이 thick filament인 myosin 사이에 미끄러져 들어가서 가교(cross-bridge) 즉,

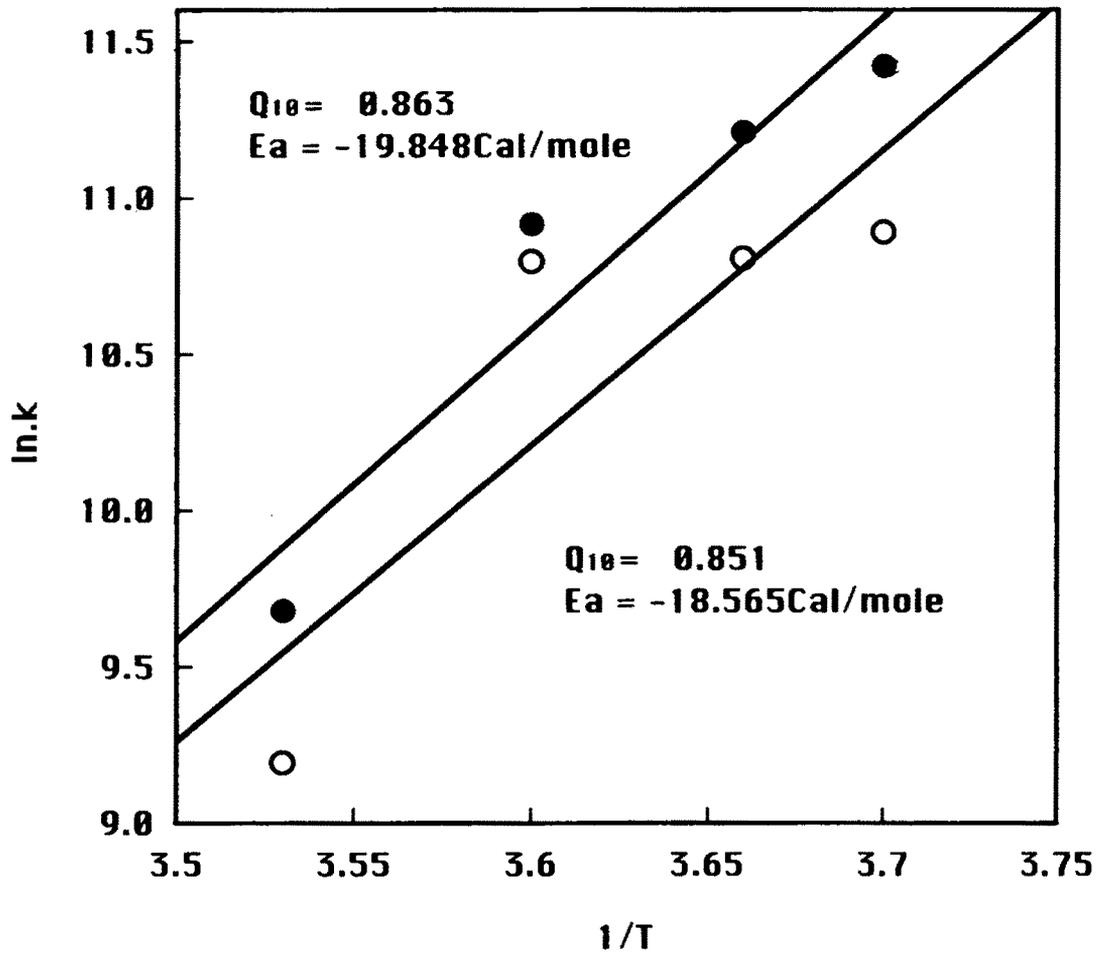


Fig.2-2-16. Arrhenius plot of breaking strength increased(O) and decreased(●) rates at various temperature.

actomyosin 복합체를 형성하기 때문이다. 근절이 단축되면 장력이 발생되며(山本·九山, 1988), 이 장력이 死後 早期에 actomyosin toughness가 되어서 육질의 단단함을 증가시킨다.

즉살 후 10시간 저장후에 파괴강도의 상승이 가장 높은 0℃에 즉살한 넙치를 저장하면서, 경시적으로 추출한 근원섬유의 형태학적인 변화를 위상차 현미경으로 관찰한 결과를 photo 2-2-1에 나타내었다. 즉살 직후에는 I대 및 H대 그리고 Z선이 명료하게 관찰되었으나, 저장 7시간 후에는 근육의 수축에 의하여 I대 및 H대가 희미하게 관찰되었으며, 저장 13시간 후에는 I대 및 H대의 구분은 불가능하였다. 그리고, 저장 20시간 이후에는 Z선이 희미하게 관찰되었다. 이와 같은 근절의 형태학적인 수축현상을 actin과 myosin의 결합에 의한 actomyosin 복합체 형성으로 근육에 장력이 발생하게 되는데, 저장 7시간 및 10시간 후에 육의 파괴강도가 상승하는 결과로 나타나게 된다. 저장 10시간 이후에는 저장시간이 길어짐에 따라서 I대 및 H대의 구분이 어려웠으며, Z선도 불명료한 형태를 취하고 있었다.

Yamanoue and Takahashi(1988) 및 Seki et al.(1980)의 보고에 의하면, 근원섬유의 수축은 사후경직의 진행과 밀접한 상관 관계를 가지고 있으며 근절의 수축도는 사후경직의 진행 정도를 알 수 있는 척도라고 보고하였으며, 본 실험의 결과에서 근절의 수축은 근육에 장력의 발생에 의한 육의 파괴강도의 증가와 밀접한 관계가 있는 것으로 생각된다.

차. 근육의 조직학적 변화

어육의 사후 연화 기구에 대해서는 Z선의 붕괴(Seki and Tsuchiya, 1991 ; Tachibana and Tsuchimoto, 1990 ; Goll et al., 1983), actin과 myosin 사이의 결합의 약화(豊原·志水, 1988 ; Goll et al., 1983 ; Parrish and Lusby, 1983), 탄성 단백질인 connectin의 분해(Seki and Watanabe, 1984), 그리고 결합 조직의 약화(火田江 등, 1989) 등의 방법으

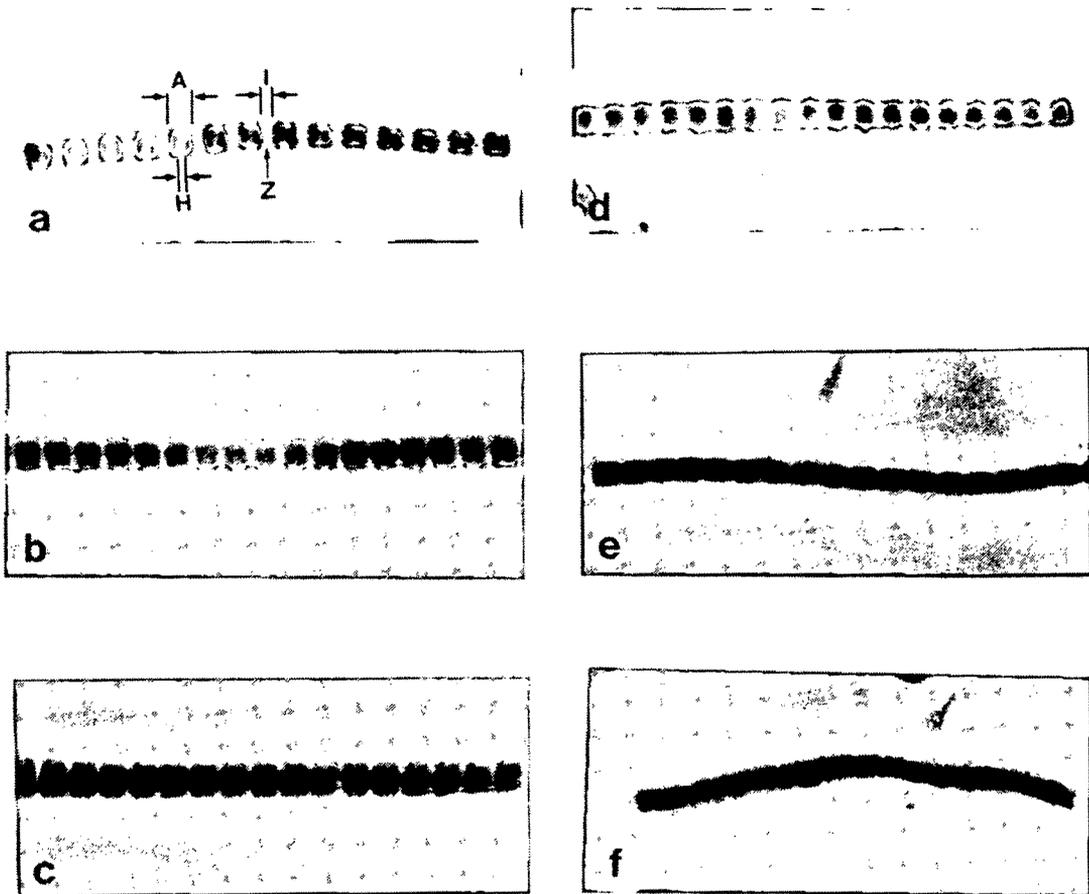


Photo. 2-2-1. Changes in morphology of myofibrils prepared from plaice muscle by phase-contrast micrographs during storage at 0°C.

a : immediately after death
b : 7 hrs storage
c : 10 hrs storage

d : 13 hrs storage
e : 20 hrs storage
f : 40 hrs storage

로 설명되고 있으며, 최근에는 이들 중에서 결합 조직의 약화에 의한 근육의 연화설이 유력하게 설명되어지고 있다. 즉, 근섬유와 근섬유는 주로 collagen으로 되어 있는 세포의 matrix라고 불리는 구조로 접착되어 있으며(Duace et al. 1977), 선도가 좋은 생선회 특유의 씹힘성은 근원 섬유 자체가 아니고 세포의 matrix 강도에 의한 것으로 알려져 있다(Ando et al., 1991b). 사후 시간의 경과와 더불어서 연화가 일어나는 것은 근섬유와 근섬유를 접착하고 있던 세포의 matrix가 어떤 원인에 의하여 취약화하므로써 그 물리적 강도가 저하하기 때문이다. 물리적 강도에 영향을 미치는 것도 결합 조직중에서는 thick collagen 섬유로 된 間質性 결합 조직(힘줄, 근극막 등)보다는 thin collagen 섬유로 되는 세포 주변의 결합 조직(근내막 등)으로 V형 collagen이다. 어떠한 원인에 의하여 V형 collagen 섬유 즉, 세포의 matrix의 기계적 강도가 감소하여 세포 주변의 결합 조직이 붕괴하여 육질이 연해진다(Hallett and Bremner, 1988). 저장 중의 세포의 matrix의 취약화의 정도는 알카리 침지법으로 근섬유 단백질을 선택적으로 용해시키고 나머지 세포의 matrix의 입체구조 변화를 전자 현미경(SEM)으로 관찰할 수 있다.

즉살 후, 0°C에 저장한 넙치육을 경시적으로 ㄱ집어 내어서 10×10×10 mm의 크기로 육편을 만들어서 100g/cm² 압력으로, 10초간 가압한 후 근육의 표면 조직을 광학 현미경으로 관찰한 결과를 photo 2-2-2에 나타내었다. 근육의 표본 조직을 광학 현미경으로 관찰한 결과, 즉살 직후에 근섬유와 근섬유는 서로 접착하여 간격이 전혀 관찰되지 않았으며, 저장 13시간후에 근섬유 사이에 약간의 간격이 관찰되고, 저장 20시간부터 근섬유 사이의 간격이 넓어졌다. 상기의 근섬유의 조직학적인 변화는 파괴강도의 변화 그리고, 근원섬유의 위상차 현미경의 관찰 결과와 밀접한 관계를 나타내고 있다. 즉, 10시간까지 근섬유 사이의 간격이 관찰되지 않은 것은 이 시간까지 근섬유와 근섬유를 연결시키고 있는 세포의 matrix(V형 collagen 섬

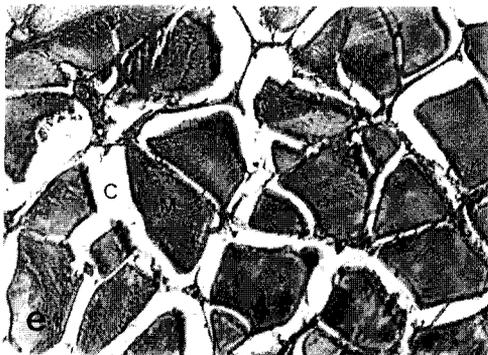
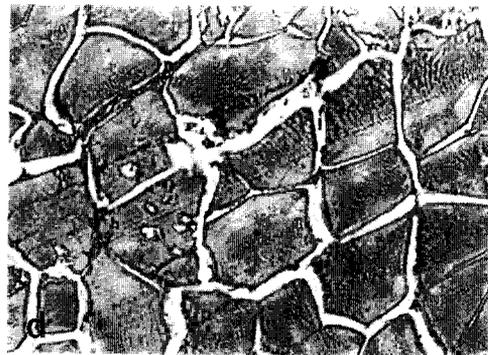
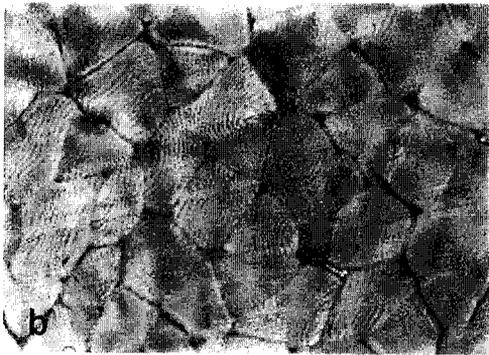
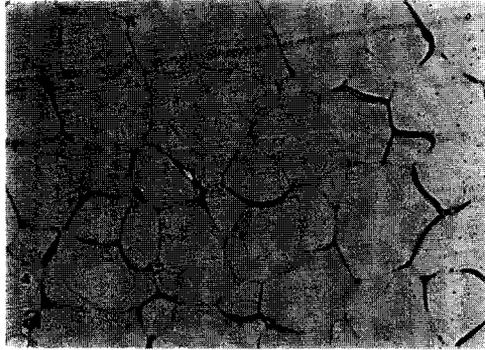


Photo. 2-2-2. Changes in histology of plaice muscle compressed at $100/cm^2$ for 10sec by light micrographs during storage at $0^\circ C$.

- a : immediately after death**
- b : 7 hrs storage**
- c : 10 hrs storage**
- C : Extracellular matrix structure**
- M : Muscle fiber**
- d : 13 hrs storage**
- e : 20 hrs storage**
- f : 40 hrs storage**

유)의 붕괴가 없는 상황 즉, background toughness의 저하가 일어나지 않았음을 시사하며, 이 때에 근육의 수축에 의한 장력 발생 즉 actomyosin toughness가 증가한다. 따라서, background toughness에 actomyosin toughness가 더하여지기 때문에 저장 10시간후에 파괴강도가 최대값을 나타내는 것으로 해석된다. 또, 13시간 저장후에 근섬유와 근섬유 사이의 간격이 벌어지는 결과는 저장 기간 동안 근육의 수축에 의한 장력 발생으로 세포외 matrix가 물리적 손상을 입었기 때문에 파괴강도의 저하로 나타난 것으로 해석된다.

이상의 결과로부터, 근육의 수축에 의하여 발생하는 장력이 세포외 matrix에 손상을 입히기 이전의 단계, 그리고 collagen 섬유의 분해 효소가 작용하기 이전의 단계, 즉 육질의 background toughness가 일정하게 유지되는 단계에서 myosin과 actin의 수축에 의한 actomyosin toughness를 상승시킬 수가 있다면, 육질의 더 단단한 생선회로 만들 수 있을 것이다. 즉 살한 어육을 0℃전후에 저장한 경우에 이 시간이 10시간 전후인 것으로 추측된다.

이상의 결과로부터, 즉살 활어를 저온(0℃ 전후)에서 일정 시간(약 10시간) 저장하므로써 생선회의 품질에 가장 큰 영향을 미치는 씹을 때의 촉감(쫄깃쫄깃함)이 즉살 직후 및 IKESHIME 온도인 10℃ 저장보다도 더 향상된다고 할 수 있다.

제 3 절 치사방법의 영향

어육의 사후조기의 물리·화학적 변화에 영향을 미치는 여러 인자들 중에서, 치사방법은 고민사보다 안락사시킨 것이 energy소모가 적고 선어의

품질 관리면에서 효과적인 것으로 알려져있다(Johnston and Moon, 1980).

본 절에서는 치사방법에 따른 ATP관련물질의 분해정도, 육의 파괴강도, 사후경직도, 유산축적량 등의 물리·화학적 변화에 대하여 검토하였다.

1. 재료 및 방법

가. 실험재료; 제 1 절과 동일한 방법으로 구입한 시료를 사용하였다.

나. 실험 방법

1) 치사방법

수송에 의한 피로를 완전히 회복시킨 후에 즉살사(두부의 급소를 강타), 마취사(1,000ppm ethyl-aminobenzoate의 마취액에 3분간 침지) 및 전기자극사(해수 중에 활어를 넣고 110볼트 전압으로 35초간 통전) 등의 각각의 치사방법으로 치사 후에, 혈액을 제거하고 0℃로 조정된 냉장고에 저장하면서 시료로 사용하였다.

2) 경직도, ATP관련물질, 유산량 그리고 파괴강도 변화의 측정 : 제 2 절과 동일방법으로 하였다.

2. 결과 및 고찰

가. 사후 경직도의 변화

치사방법(즉살, 마취사 및 전기자극사)을 달리한 넙치를 0℃에 저장하는

동안의 사후경직도의 변화를 Fig.2-3-1에 나타내었다. 완전경직 도달시간이 전기자극사에서 현저히 단축되었으며, 다음으로 즉살, 마취사의 순으로 연장됨을 알 수 있었다. 즉, 치사방법에 따른 경직 개시시간과 완전경직 도달시간은 각각 전기자극사에서 0시간과 7시간, 즉살에서 2.5시간과 30시간, 그리고 마취사에서 5시간 34시간이었다. 사후 경직의 진행속도 상수로 전기자극사 $12.931h^{-1}$, 즉살 $2.388h^{-1}$, 그리고 마취사 $1.754h^{-1}$ 이었으며, 최대 경직시의 경직도는 전기자극사 96.20%, 즉살 96%, 그리고 마취사 85%로 마취사에서 가장 낮았다. 전기자극사에서 사후경직의 진행속도가 빨랐는데, 이것은 전기자극에 의하여 ATP분해가 촉진되어 급속한 해당작용의 진행으로 경직의 진행 속도가 현저히 빨라진다는 보고와 유사하였다(Will et al., 1979; Shaw and Walker, 1977; 三上, 1990; Crenwelge et al., 1984). 마취사에서의 사후경직의 진행이 가장 느렸는데, 이러한 결과는 Fraser et al.(1967)의 보고와 같이 마취사시킨 대구육에서 ATP의 분해가 느려서 경직의 진행이 지연된 것으로 생각된다. 치사조건이 달라도 완전경직 도달 이후의 해경속도에는 큰 차이를 보이지 않았는데, 이러한 결과는 岡 등(1990)이 방어를 시료로 실험한 결과, 치사 조건이 사후 경직의 진행에는 큰 영향을 미치지만 해경의 속도에는 치사조건보다도 저장 온도의 영향이 더 크다는 보고와 유사한 경향을 나타낸다.

나. ATP 관련 물질들의 변화

치사방법(즉살, 마취사, 전기자극사)에 따른 넙치육의 사후조기의 ATP관련물질들의 변화를 Fig.2-3-2 ~ Fig.2-3-5 에 나타내었다.

즉살(Fig.2-3-2)에서는 치사직후에 ATP함량은 $5.79 \mu \text{mole/g}$ 으로 근육중의 전체 ATP관련물질의 71.8%를 차지하였으며, ADP+AMP량은 $1.95 \mu \text{mole/g}$, IMP는 $0.32 \mu \text{mole/g}$ 이었고, inosine(HxR) + hypoxanthine(Hx)은

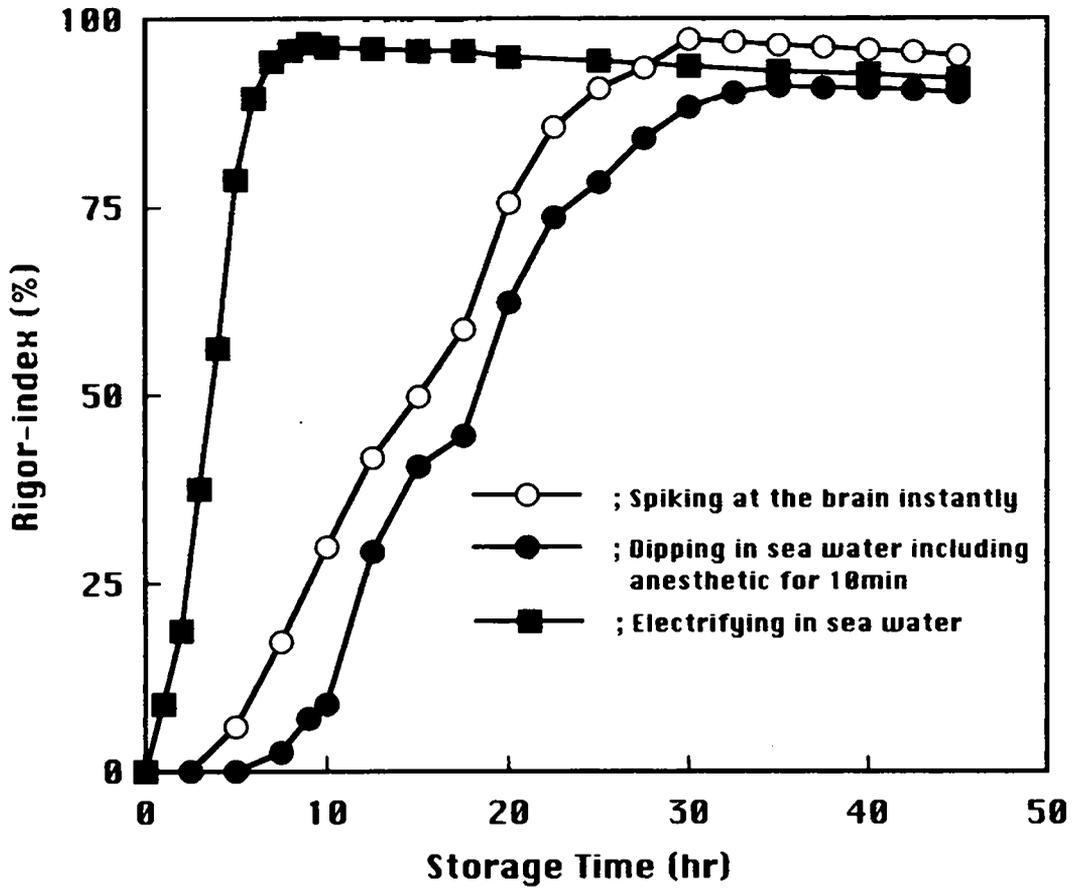


Fig. 2-3-1. Changes in rigor-index of plaice muscle during storage at 0°C after killing by various methods.

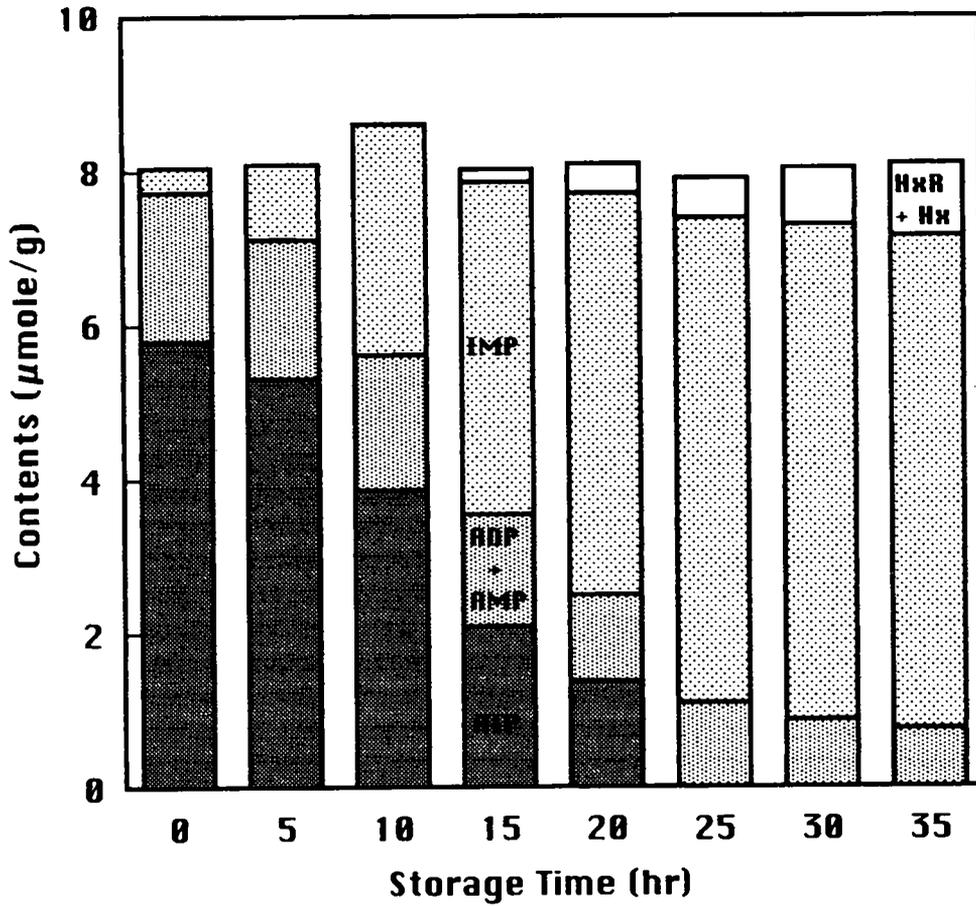


Fig.2-3-2. Changes in contents of ATP and its related compounds in plaice muscle prepared by spiking at the brain during storage at 0°C.

검출되지 않았다. 0°C 저장 중에 ATP함량은 저장초기부터 빨리 감소하여 25시간 후에 완전히 분해되었고, ADP+AMP는 완만히 감소하였다. IMP는 저장직후부터 축적되어서 완전경직 도달시간 부근인 25시간 후에 6.30 μ mole/g을 나타내었다. Inosine과 hypoxanthine의 함량은 저장기간중에 완만히 증가하여 저장 35시간 후에는 0.94 μ mole/g의 값을 나타내었다.

마취사(Fig.2-3-3)에서는 치사직후에 ATP함량은 6.28 μ mole/g으로 즉살보다 높았으며 근육 중의 전체 ATP관련물질의 74.6%를 차지하였다. ADP+AMP량은 1.90 μ mole/g, IMP는 0.24 μ mole/g이었고, inosine(HxR) + hypoxanthine(Hx)은 검출되지 않았다. 0°C의 저장 초기에 ATP의 감소속도는 즉살보다 늦어서 저장 10시간 후에도 5.07 μ mole/g의 값을 유지하였으며 그 이후에 빨리 분해하여 저장 30시간 후에 완전히 분해되었다. ADP+AMP는 저장 기간동안 완만히 감소하였으며, IMP도 즉살보다는 완만히 증가하여 저장 40시간 후에 6.07 μ mole/g의 값을 나타내었다. Inosine과 hypoxanthine의 함량은 저장기간중에 완만히 증가하였다.

전기자극사(Fig.2-3-4)에서는 상기의 즉살 및 마취사와는 다른 경향을 나타내었다. 즉, 전기자극 직후의 ATP함량은 3.97 μ mole/g이었고, inosine(HxR) + hypoxanthine(Hx)은 검출되지 않았다. 0°C 저장 초기에 ATP감소는 상당히 촉진되어 저장 10시간 후에는 ATP가 전부 소실되었으며, ADP+AMP도 저장 15시간 후에 전부 분해되었다. 반면에, IMP와 HxR+Hx의 증가는 즉살 및 마취사보다도 빨랐다.

다. ATP 분해속도에 대한 치사방법의 영향

Fig.2-3-5에 치사방법을 달리한 넙치육을 0°C에 저장하는 동안의 ATP의 분해 정도를 나타내었다. 각각의 치사방법에 따른 치사 직후의 ATP함량은 즉살 5.79mole/g, 전기자극사 3.97mole/g, 그리고 마취사 6.28mole/g으로 전기자극사에서 가장 낮은 함량을 나타내었다. 저장중의 ATP분해 속도는

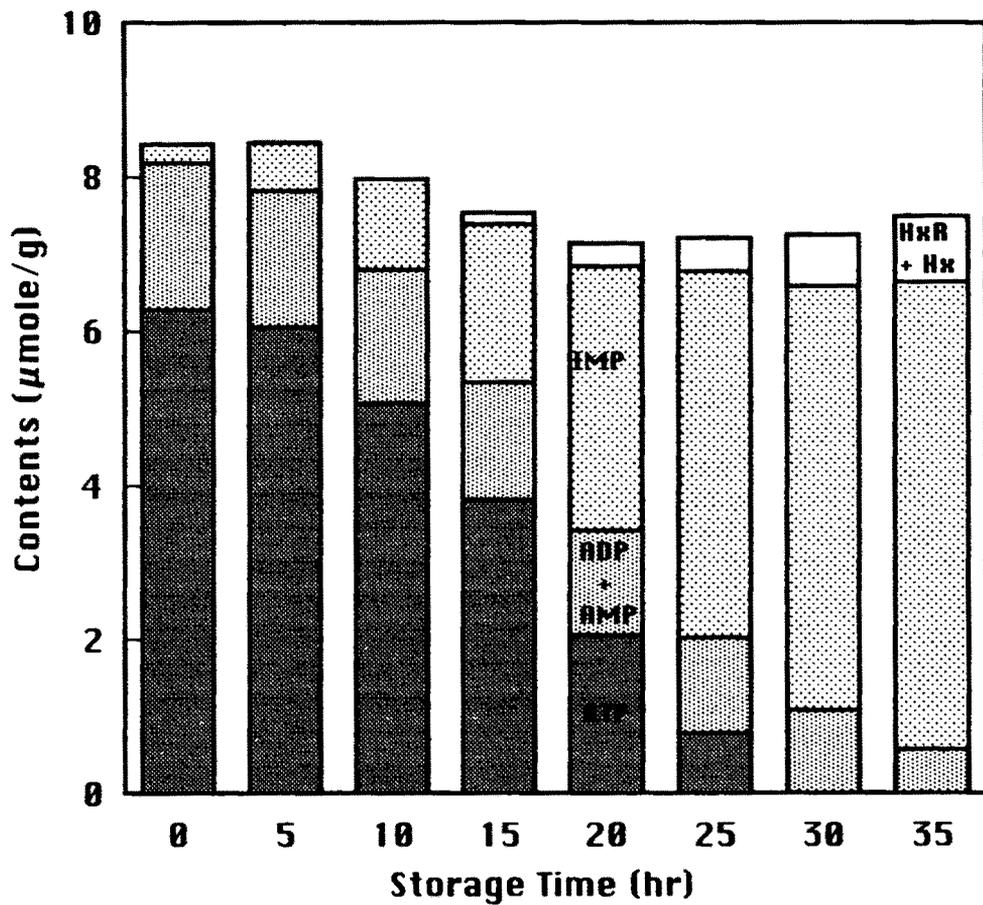


Fig.2-3-3. Changes in contents of ATP and its related compounds in plaice muscle prepared by dipping in sea water including anesthetic during storage at 0°C.

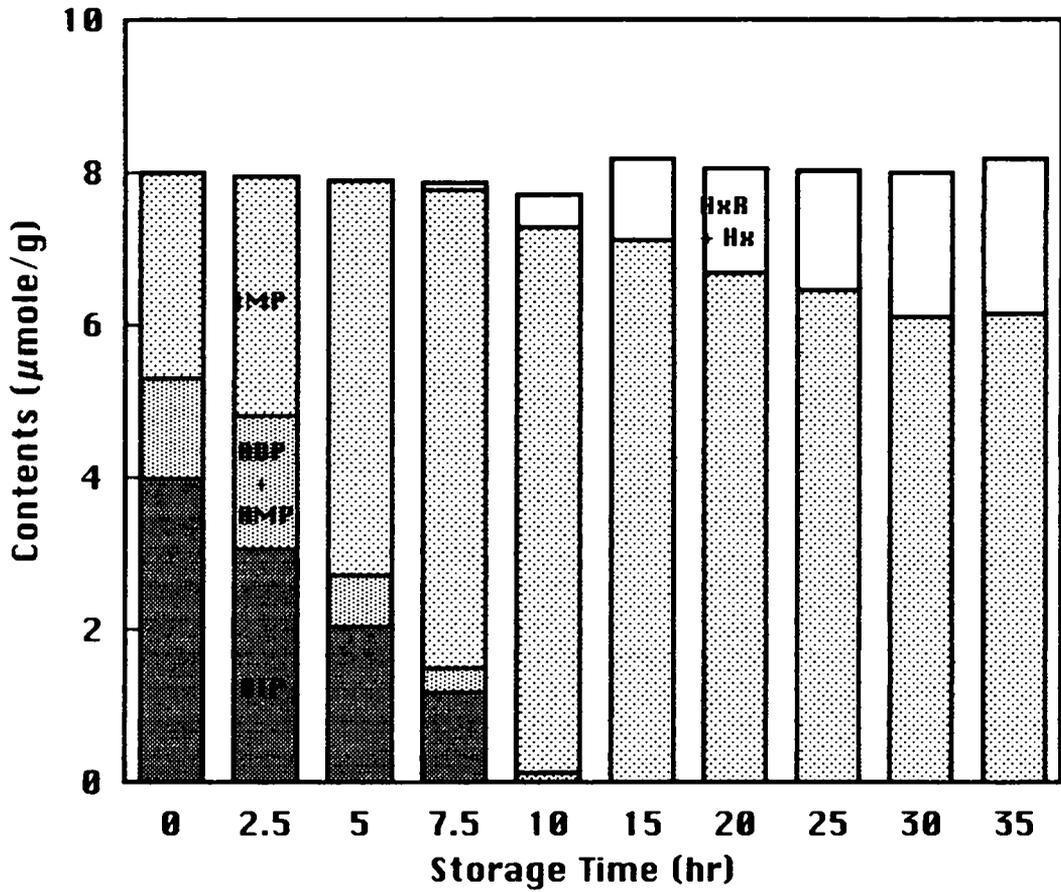


Fig.2-3-4. Changes in contents of ATP and its related compounds in plaice muscle prepared by electrifying in sea water during storage at 0°C.

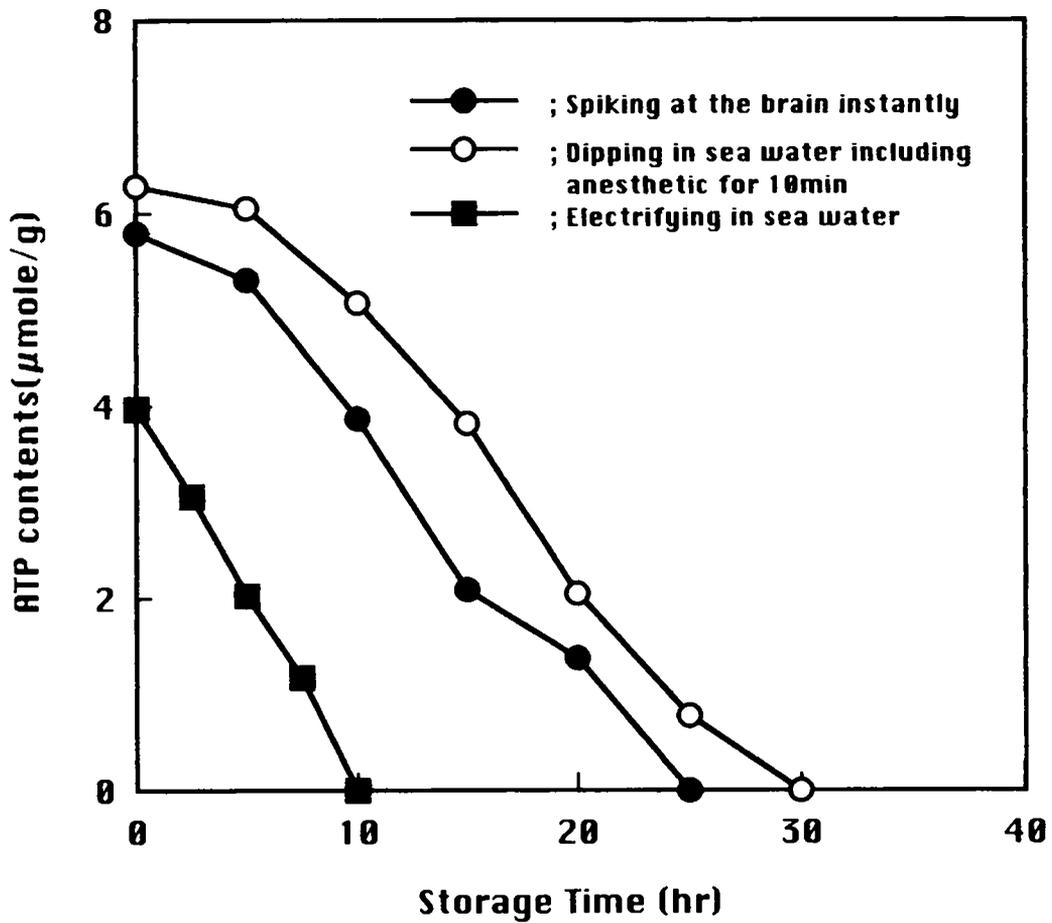


Fig.2-3-5. Changes in contents of ATP in plaice muscle during storage at 0°C after killing by various methods.

전기자극사에서 가장 빨랐으며, 다음으로 즉살, 그리고 마취사의 순으로 마취사에서 가장 느렸다. 즉살시의 근육중의 ATP함량은 약 5시간까지 일정하게 유지되었다가 그 후에 감소하여 25시간째에 완전히 분해되었으며, 마취사 어육중의 ATP함량은 다른 치사방법과는 달리 치사 직후에 6.26 mole/g 으로 가장 높았고, 저장중의 분해속도도 느려서 약 10시간후에 5.07 μ mole/g의 값을 나타내었으며, 저장 30시간후에 완전히 분해되었다.

전기자극사시킨 어육의 ATP함량은 다른 치사방법과 비교하여 저장 초기부터 급격히 분해되어 10시간 후에는 완전히 분해되었다. ATP의 완전 분해시간은 전기자극사에 10시간으로 가장 짧았고, 다음으로 즉살 25시간, 그리고 마취사 30시간의 순으로, 마취사에서 가장 연장되었다.

또, 치사방법에 따른 ATP분해 속도 상수는 전기자극사, 즉살 그리고 마취사 순이었다. 즉살과 전기자극사시킨 직후의 어육중의 ATP함량의 차이는 1.82 μ mole/g이었는데, 이러한 결과는 嚴本 등(1990)의 보고와 같이 고민중에 ATP를 소비하였기 때문이다. 또, 즉살보다 고민사에서 치사 직후의 근육중의 collagen함량이 적고 그 후의 감소 속도가 빠르며, 유산의 축적과 ATP분해속도가 빨라서 경직의 진행이 촉진된다는 보고(嚴本 등 1990; Boyd et al., 1984)와 일치하는 것으로 생각된다.

마취사시킨 경우에 어육중의 ATP함량이 가장 높고 다른 치사방법보다 ATP분해가 가장 완만하였으며, 완전 분해시간도 현저히 연장되었는데, 이러한 결과는 Fraser et al.(1967)이 대구를 마취사시켜서 육중의 ATP관련 물질들의 변화를 조사하여, ATP의 완전 분해시간과 경직의 진행이 현저히 지연되었다는 보고와 유사하였다.

한편, 어류를 전기자극사시킨 경우의 생화학적 변화에 대한 연구는 거의 찾아볼 수 없었으며, 전기 자극사시킨 경우의 근육중의 ATP분해속도가 다른 치사방법보다 경직시간도 짧았는데, 이러한 결과는, 전기 자극사시키면 경직의 진행속도가 빠르며 ATP분해가 촉진되어 급속한 해당작용의 진행으

로 육의 pH가 저하되고 ATP가 거의 대부분 분해되었을 때 완전 경직에 도달한다는 보고(Will et al., 1979; Crenwelge et al., 1984)와 일치하였다. 그리고, Bendall et al.(1976)과 Konos and Taylor(1987)도 전기자극시킨 우육(牛肉)의 ATP는 무자극보다 빠르게 분해되었으며, 완전경직 도달시간도 단축되었다고 보고하고 있다. 또한, Calkins et al.(1982)도 전기 자극에 대한 ATP분해정도를 실험하여 유사한 경향을 발표하고 있다.

라. IMP 축적량의 변화

Fig.2-3-6에 치사방법을 달리한 넙치육을 0℃에 저장하는 동안의 정미성분의 일종인 IMP의 축적정도를 나타내었다. 저장중 IMP의 축적속도는 전기자극사에서 가장 빨랐으며, 다음으로 즉살, 마취사의 순으로 마취사에서 가장 느렸다. 즉, IMP축적 속도상수는 전기자극사, 즉살, 그리고 마취사의 순으로 크게 나타났다. 전기자극사에서의 IMP축적율이 가장 빠르고 최대 축적량이 높았는데, 이러한 결과는, 축육을 전기 자극사시키므로서 육 전체의 효소계가 부활하므로 단백질 분해효소나 핵산 관련 효소계에 대하여 활성화를 촉진하는 역할을 하며, 핵산 관련물질의 축적에 관여하는 효소가 활성화되어 IMP가 빠르게 축적된다는 보고(Yamaguchi et al., 1971; Calkins et al., 1982)와 일치하는 것으로 생각된다.

그러므로, 전기자극에 의한 급속한 ATP의 분해는 감칠맛(umami)을 향상시키는 IMP가 빠르게 축적되므로 혀로 느끼는맛이 향상된다는 보고(Whiting et al., 1981; 三上등, 1990)와도 일치한다. 한편, 마취사에서 IMP의 축적속도는 다른 치사 조건에 비해 가장 느리고 그 최대 축적량도 낮았는데, 이러한 결과는 Fraser et al.(1967)의 보고와 유사하였다.

마. 유산량의 변화

치사방법을 달리한 넙치육을 0℃에 저장하는 동안의 육중에 축적된 유산

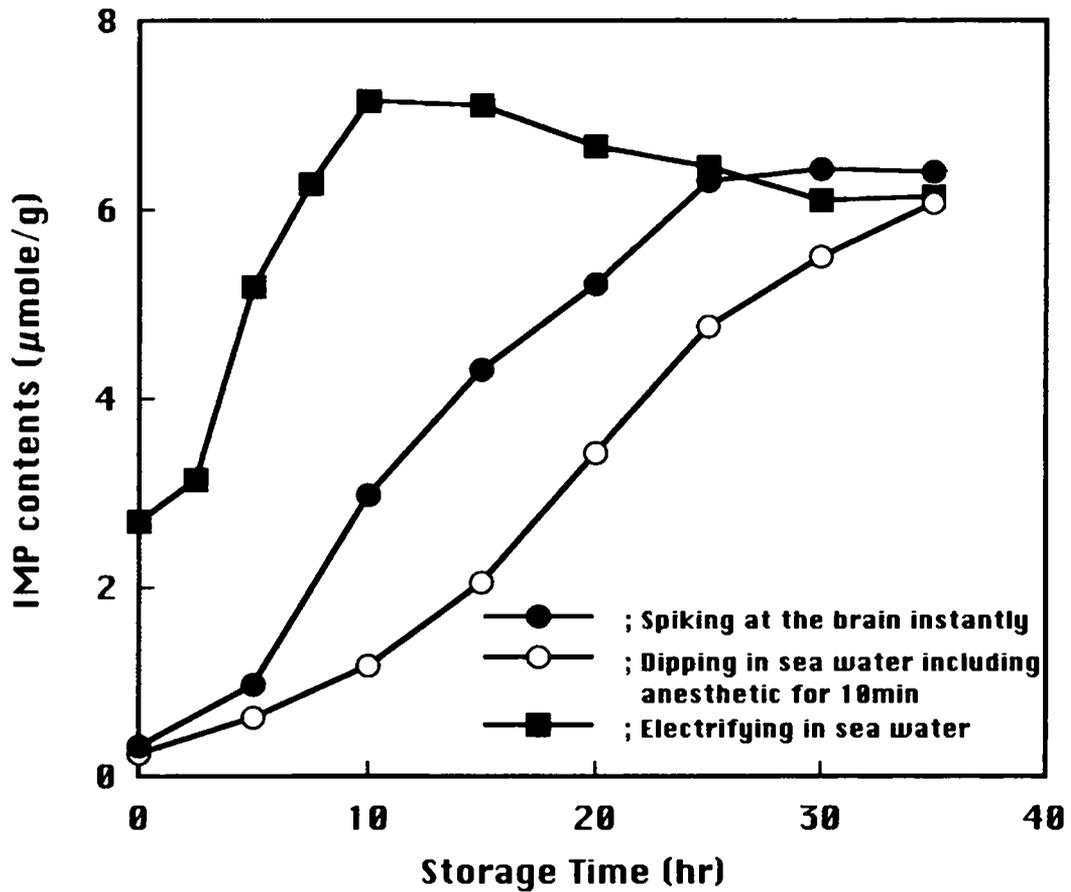


Fig. 2-3-6. Changes in contents of IMP in plaice muscle during storage at 0°C after killing by various methods.

함량의 변화를 Fig. 2-3-7에 나타내었다. 치사직후의 유산함량은 즉살 12.7 $\mu\text{mole/g}$, 전기자극사 43.6 $\mu\text{mole/g}$, 그리고 마취사 15.6 $\mu\text{mole/g}$ 으로 치사 방법에 따라서 큰 차이를 보였다. 전기자극사시킨 어육의 유산함량은 다른 치사방법보다 급속히 그리고 많이 축적되었다. 즉, 저장초기부터 급격히 증가하여서 ATP의 완전분해시간인 10시간후에 54.2 $\mu\text{mole/g}$ 으로 최대축적량을 보였다. 반면에, 즉살시킨 어육에서는 유산의 축적이 완만하였고, 최대 축적량 또한 가장 적었으며, 20시간 후에 43.4 $\mu\text{mole/g}$ 으로 거의 최대값을 나타내었다. 마취사육에서의 유산 축적량은 즉살육의 경향과 유사하게 완만히 증가하였으나 치사직후부터 저장 기간중에 축적량은 즉살육보다 약간 많았다.

각종 치사방법에 따른 유산의 최대 축적시간과 축적량은 즉살 20시간과 43.4 $\mu\text{mole/g}$, 전기자극사 10시간과 54.2 $\mu\text{mole/g}$, 그리고 마취사 20시간과 47.8 $\mu\text{mole/g}$ 이었다. 또한, 유산 축적의 반응 속도상수는 전기자극사에서 가장 컸으며 즉살, 그리고 마취사의 순이었다. 전기자극사에서 유산의 축적속도가 빠르고 최대축적량이 높았는데, 이러한 결과는 전기자극에 의해서 ATP분해가 촉진되어서 급속한 해당작용의 진행으로 유산 축적과 pH저하가 빠르다는 보고(Will et al., 1979; Crenwelge et al., 1984; Powell et al., 1984)와 일치하였다.

또, 즉살보다 고민사시킨 어육 중의 유산 축적의 진행이 현저히 빠른 것은 고민사시키는 경우에는 고민중에 glycogen이 분해되어 유산이 근육중에 축적되므로, 치사 시점에서 육중의 glycogen함량이 적고 그 감소속도가 빠르므로, 유산의 축적이 촉진된다는 보고(嚴本등, 1990; Boyd et al., 1984)와 일치하는 것으로 생각되며, 또한 마취사에서 유산 축적이 현저히 지연되는 결과는 Fraser et al.(1967)의 보고와 일치하였다. 또, 치사조건에 관계없이 각각의 치사 방법에서 ATP의 완전 분해시간과 유산의 최대 축적시간이 거의 일치하였는데, 이는 유산의 축적과 ATP분해와는 깊은 상관

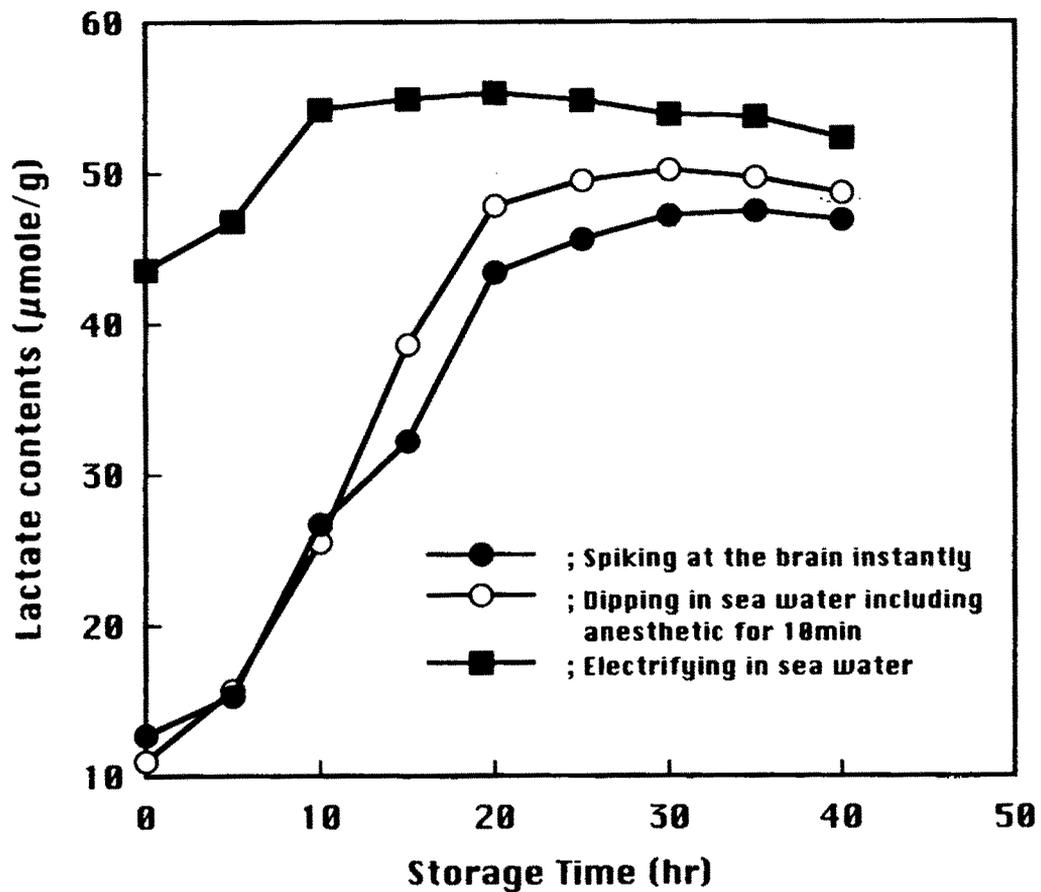


Fig. 2-3-7. Changes in contents of lactate in plaice muscle during storage at 0°C after killing by various methods.

관계를 가진다는 Watabe et al.(1991)의 보고와 일치하였다.

바. 파괴강도의 변화

치사방법에 따른 육의 파괴강도의 변화를 Fig.2-3-8에 나타내었다. 치사 직후의 파괴 강도는 즉살 및 고민사에서 $1,736.2 \pm 32.9g$, 그리고 전기자극사에서 $2,287.7 \pm 23.2g$ 으로, 전기 자극사에서 가장 높았다. 또한, 파괴강도가 최대값에 도달하는 시간과 그 때의 값은 즉살에서 10시간과 $2,207.2 \pm 31.29g$, 마취사에서 13시간과 $2,147.7 \pm 23.2g$, 그리고 전기자극사에서 치사 직후에 $2,287.7 \pm 23.2g$ 이었다. 즉살육의 경우, 저장 초기에 파괴강도값이 서서히 증가하여 10시간후에 최대값에 도달한 후에 감소하여 16시간 후에 $1,786.3 \pm 27.6g$ 의 값으로 치사직후보다 약간 높았다. 또, 15시간 후의 감소 속도는 전기자극사보다는 느렸으나 마취사보다는 빨랐다. 마취사육의 파괴 강도의 변화는 다른 치사방법에 비하여 가장 느렸으며, 저장 초기에 서서히 증가하여 13시간후에 최대값에 도달하였으며 20시간후에도 $1,764.5 \pm 29.8g$ 으로 치사직후보다 약간 높은 값을 나타내었고, 저하속도는 즉살과 유사한 경향이었다. 전기자극사육은 치사 직후에 최고값을 나타내었고 그 후에 급속히 감소하여 3시간 후에 거의 최저값에 도달하였다. 전기자극사에서 파괴강도의 최대값이 크고 그 값의 감소속도가 빠른 것은, 전기자극에 따른 ATP소모가 촉진되어서 경직이 빨라지므로 경직도가 커지며, 일시적인 과도경직에 의하여 세포를 연결하는 collagen섬유의 붕괴가 빨리 일어났기 때문으로 생각되며, 마취사의 경우는 이와 반대로 경직의 진행이 느려서 collagen섬유의 붕괴가 완만히 진행되었기 때문이라 추측된다.

한편, 약 25시간 저장 후에 파괴강도는 치사방법이 달라도 거의 일정한 값을 나타내었는데, 岡등(1990)의 보고와 같이 완전 경직전의 육의 경도는 치사조건에 큰 영향을 받지만 해경시의 어육의 물성은 치사조건보다도 저

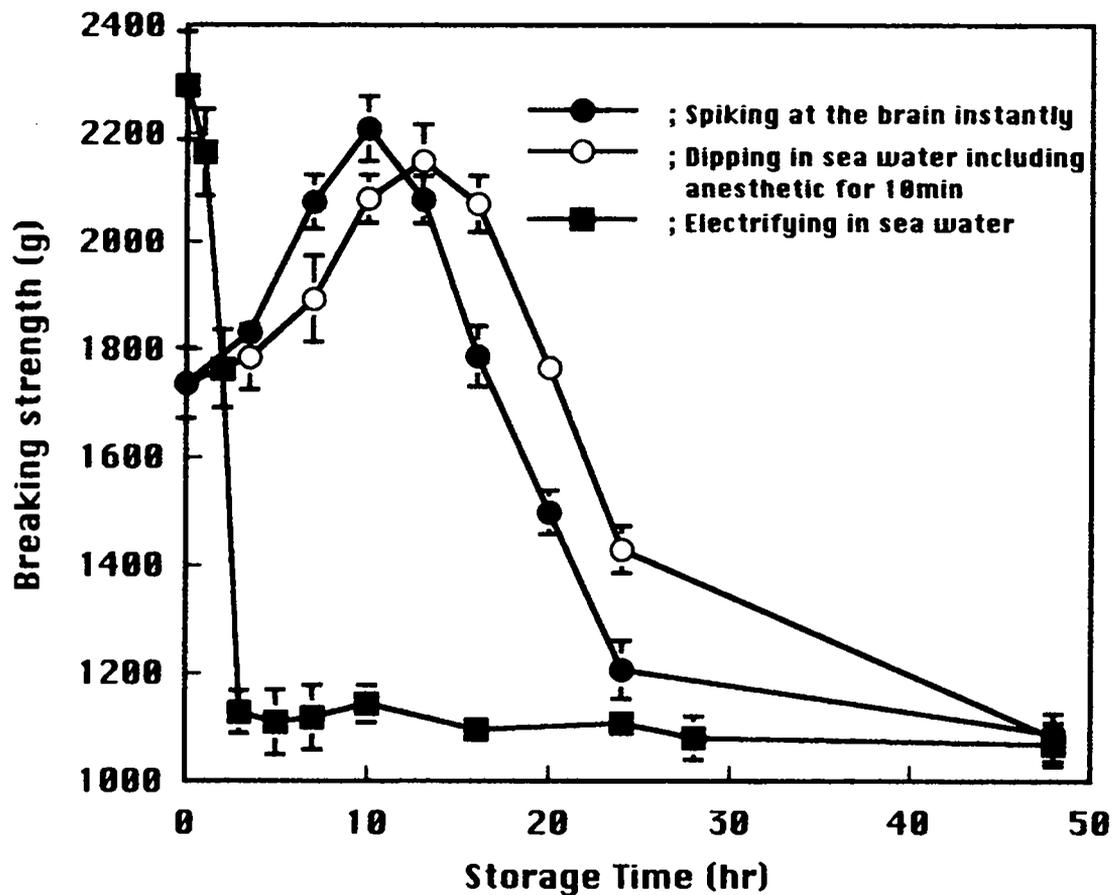


Fig. 2-3-8. Changes in breaking strength of plaice muscle during storage at 0°C after killing by various methods.

장온도에 영향을 받기 때문이라 생각된다. 전기자극사에서 치사직후의 파괴강도가 가장 높았는데, 이는 전기자극에 의해 급속한 ATP의 분해로 actin과 myosin의 상호결합이 가속화되었기 때문으로 추측된다. 또한, 파괴강도의 감소속도가 유산의 축적으로 인하여 pH가 급속히 떨어짐으로서 경직시에 형성된 actomyosin의 상호결합이 약화되고(Will et al., 1979; Shaw and Walker, 1977; Crenwelge et al., 1984), 결합조직의 주요 성분인 collagen의 미세구조가 빠르게 파괴되어 연화가 촉진된다는 보고와 일치하는 것으로 생각된다(Bendall et al., 1976; Shaw and Walker, 1977; Will et al., 1979; Savell et al., 1979; Makeith et al., 1981; Cross, 1979).

제 4 절 조리 형태의 영향

우리 국민들이 생선회를 먹는 습관은, 횃집에서 활어를 소비자가 보는 앞에서 조리사가 바로 회를 뜬 것을 최고로 치기 때문에 이 방법이 일반적이다. 그러나, 수송 경비의 절감 및 회맛의 향상을 위하여 활어의 즉살저온 수송법에 대한 연구 보고가 있으며(Cho and Kim, 1993), 백화점 식품점에서 slice형태로 조리한 생선회를 판매하는 것은 상기의 연구 결과를 이용한 것으로, 이 방법은 생선회맛을 유지하면서 저렴한 가격에 공급 가능한 장점 때문에 실용화되어 있다. 그러나, 백화점의 식품점에서 생선회를 slice형태로 조리후에, 냉장고에 진열, 판매하는 것은 작업의 편리함 때문이며, 이 방법이 생선회의 물리화학적 변화에 미치는 영향에 대한 검토는 전무한 상태이다.

본 절에서는 조리형태(round, fillet, slice)가 넙치육의 사후 조기의

물리화학적 변화에 미치는 영향에 대하여 검토하였다.

1. 재료 및 방법

실험재료는 제 1 절과 동일한 방법으로 구입한 시료를 사용하였으며, 시료를 즉살·방혈 후에 round, fillet(껍질 부착) 및 slice(2cm×2cm×1cm, 껍질제거) 형태로 각각 조리한 후에, 0℃에 저장하면서 파괴강도, ATP분해 및 유산 축적의 변화를 제 1 절과 동일 방법으로 측정하였다.

2. 결과 및 고찰

가. 파괴강도의 변화

즉살직후의 파괴강도값(Fig.2-4-1)은 $1,736.2 \pm 26.2g$ 이었으며, round 및 fillet형태에서는 저장기간 동안에 파괴강도가 동일한 변화를 나타내었다. 즉, 저장 10시간후에 약 2200g까지 상승하여, 즉살직후보다 약 27%만큼 그 값이 증가하였으며, 그 이후로 감소하여 저장 24시간후에는 약 1200g까지 감소하였다. 한편, slice형태의 저장에서는 round 및 fillet형태의 변화와는 다르게 저장기간을 통하여 육의 파괴강도의 증가는 거의 관찰되지 않으며, 저장 10시간 이후부터 빠르게 감소하였다. 이러한 결과는 조리형태가 사후 조기의 넵치육의 물성적 변화에 미치는 영향이 큼을 시사하는 것으로 생각된다.

나. ATP 및 유산량의 변화

조리형태에 따른 근육 중의 ATP 및 유산량의 변화는 Table 1에 나타낸 바와 같이, 저장기간이 길어짐에 따라서 ATP분해 및 유산축적이 진행되었

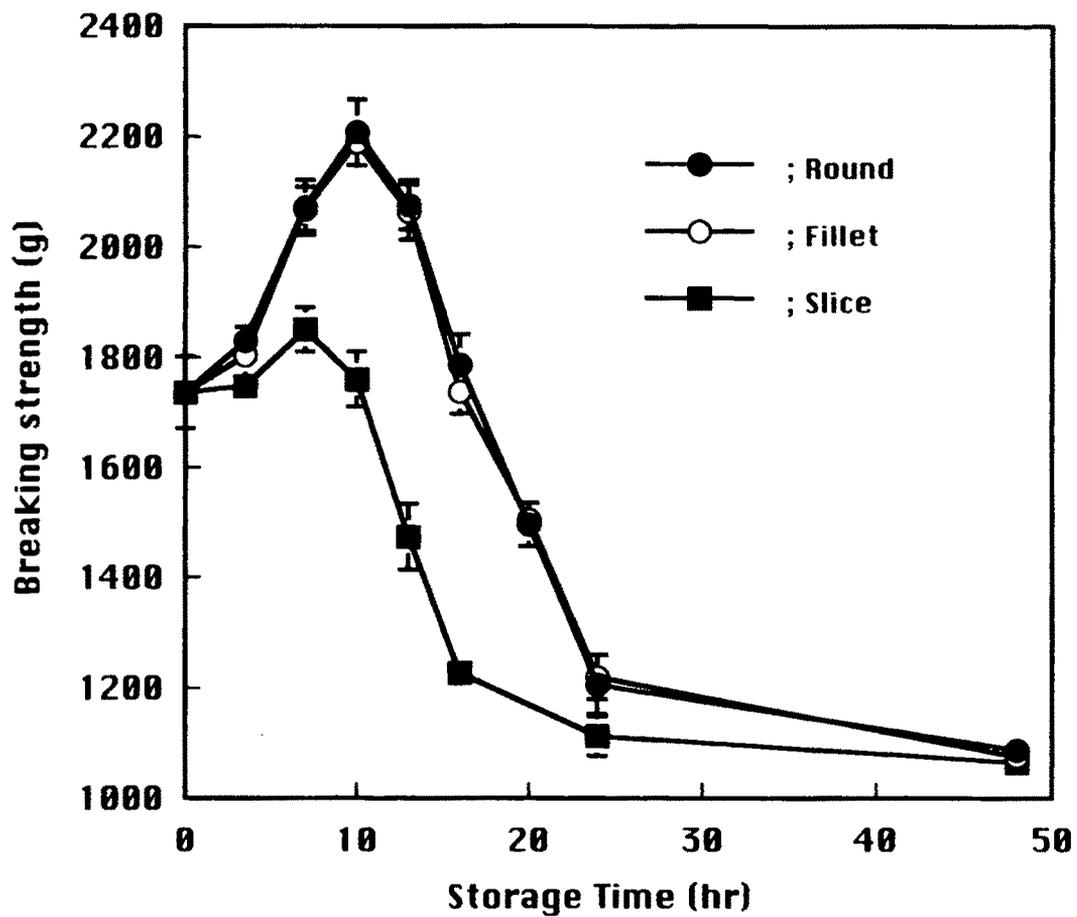


Fig.2-4-1. Changes in breaking strength of plaice muscle during storage at 0°C after treatment by various forms.

으나 조리형태에 따른 차이는 관찰되지 않았다.

이와 같이 활넙치를 slice형태로 조리하여 저온 저장시에, ATP 및 유산량의 변화는 round 및 fillet형태와 차이가 없었지만, 파괴강도의 증가가 거의 관찰되지 않은 것은, slice형태로 조리하여 저온저장시에 사후근육의 수축에 의하여 발생하는 actomyosin toughness가 근육의 단단함으로 나타날 수 있는 지지체가 없기 때문인 것으로 생각된다.

이상과 같은 연구결과로 부터, slice형태로 조리후에 냉장고에 진열·판매하는 현행의 백화점 식품점에서의 생선회 판매형태는, round 또는 fillet형태로 저온(0℃)저장하면서 고객이 구매시에 slice형태로 조리하여 판매하는 방법으로 바뀌어야만 생선회맛의 향상 및 유지기간의 연장에 효과가 있을 뿐만 아니라, 즉살 활어 수송산업이 활성화될 수 있을 것이다.

Table 2-4-1. Change in content of ATP and lactate in plaice muscle during storage at 0℃ after preparing by various forms

Forms		Time (hr)					
		0	5	10	15	20	25
Round	ATP	5.7	5.4	3.8	2.2	1.4	0
	lactate	13.2	16.8	27.6	33.7	44.3	46.2
Fillet	ATP	5.8	5.4	3.9	2.3	1.5	0
	lactate	13.0	16.9	27.4	33.8	44.2	46.3
Slice	ATP	5.7	5.3	3.8	2.3	1.4	0.
	lactate	13.1	17.0	27.5	33.6	44.5	46.1

제 5 절 방혈 유무의 영향

횃집에서 생선회를 요리할 때는 즉살 후에 방혈을 하는데, 이 조작을 어

육의 신선도를 유지시키는데 효과가 있는 것으로 알려져 있지만 구체적인 연구에는 거의 없으며, 최근들어서 安藤등(1996)이 대표적인 6종의 양식어에 대하여 방혈이 육질의 연화에 미치는 영향을 검토하여 회유성 어종인 방어, 전갱이 등은 방혈시키므로써 연화가 늦어지는 효과가 있으나, 저서성 어종인 돔, 넙치등은 연화 억제 효과가 없음을 보고하고 있다.

본절에서는 활어의 사후조기의 물리·화학적 변화를 억제시켜서 신선도의 유지시간을 연장시킬 목적으로, 방혈 여부가 사후조기의 핏감용 넙치육의 물리·화학적 변화에 미치는 영향에 대하여 검토하였다.

1. 재료 및 방법

실험재료는 제1절과 동일한 방법으로 구한 시료를 사용하였으며, 즉살(두부의 급소를 강타)후 방혈, 그리고 마취사(2,000 ppm MS-222 마취액에 5분간 침지)후 무방혈상태로, 0°C로 조정된 냉장고에 저장하면서 경직도, ATP관련물질, 파괴강도, 유산 축적의 변화를 제1절과 동일 방법으로 측정하였다.

2. 결과 및 고찰

가. 사후 경직도의 변화

어육도 축육과 마찬가지로 사후에 근육이 수축하여 단단하고 불투명하게 되는 현상이 일어나는데 이것을 사후경직이라고하며, 사후의 어육에서는 근소포체로부터 Ca^{2+} 이 유리하여 ATP가 어느정도 분해되면 경직이 시작되고 ATP의 소실과 더불어서 경직은 최대로 된다. 경직 개시시간 및 경직 지속시간은 어류의 종류(Bito et al., 1983), 치사조건(Kim et al., 1993),

저장온도(Kim and Cho, 1992) 등의 영향을 받는다.

마취사 및 무방혈이 사후경직의 변화에 미치는 영향을 검토하기 위하여 즉살·방혈 및 마취사·무방혈 상태의 시료 넙치를 0℃에 저장하는 동안에 사후 경직도의 변화를 Fig.2-5-1에 나타내었다. 즉살·방혈구는 저장 5시간 후에 이미 경직이 시작되어 저장 중에 경직의 진행이 빨랐으며, 30시간 후에 98%의 최고 경직도를 나타내었다. 한편, 마취사·무방혈구는 경직의 진행이 억제되어 저장 12.5시간까지 5.4%의 낮은 경직도를 유지하다가 그 후에 증가하여 40시간 후에 91.4%의 최고 경직도를 나타내었다. 이와 같이 마취사·무방혈이 즉살·방혈보다 경직의 진행이 느릴 뿐만 아니라 최고 경직도가 낮은 결과는, Cho et al.(1994)의 보고와 같이 마취사시킨 넙치육에서 ATP의 분해가 느려서 경직의 진행이 지연된다는 보고와 일치하는 것으로 생각되며, 또 방혈유무가 어육의 사후경직에 미치는 영향을 조사한 보고는 없었지만 ATP분해의 실험결과와 관련시켜서 보면, 혈액이 근육 중의 ATP농도를 일정시간 유지시켜서 ATP농도 저하가 억제되는 실험결과와 깊은 관계가 있는 것으로 추측된다.

나. ATP 분해

어류 근육중의 ATP 함량은 5~10 μ mole/g의 범위이며, 사후 얼마동안은 근육중의 ATP가 일정한 값을 유지하는데, 이것은 ATP재생의 반응계가 존재하기 때문이다. ATP분해속도는 저장온도 및 치사조건 등에 영향을 받으며 저장온도가 낮을수록 분해가 촉진되며(Kim and Cho,1992), 치사조건은 고민사가 안락사보다 분해가 촉진됨이 알려져 있다(Kim et al., 1993). 그러나, 방혈유무에 따른 ATP분해속도에 대한 연구는 거의 없으며, 특히, 횡감용 생선의 무방혈시에 ATP분해에 대한 연구는 처음 시도되었다.

즉살·방혈 및 마취사·무방혈의 시료 넙치를 0℃에 저장하는 동안에 ATP의 분해정도를 Fig.2-5-2에 나타내었다. 즉살·방혈에서는 치사직후에

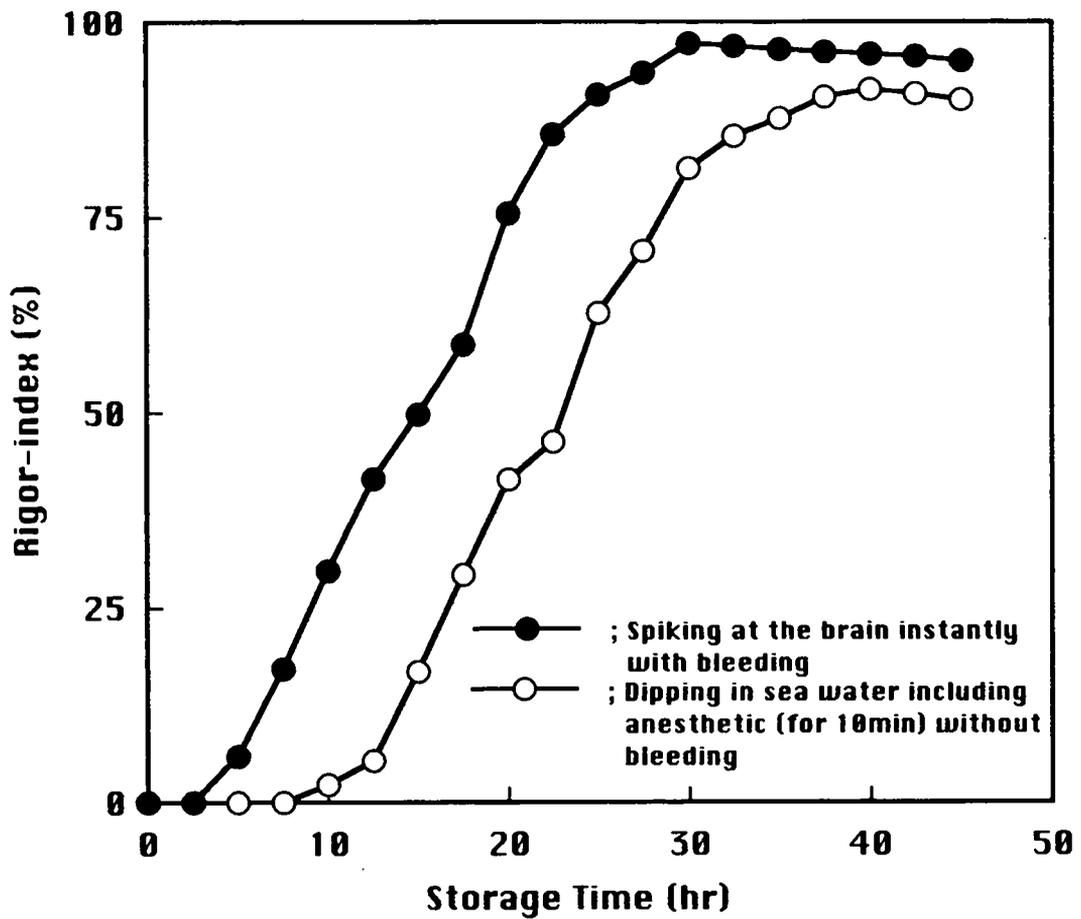


Fig. 2-5-1. Effect of anesthesia killing and non-bleeding on changes in rigor-index of plaice muscle during storage at 0°C.

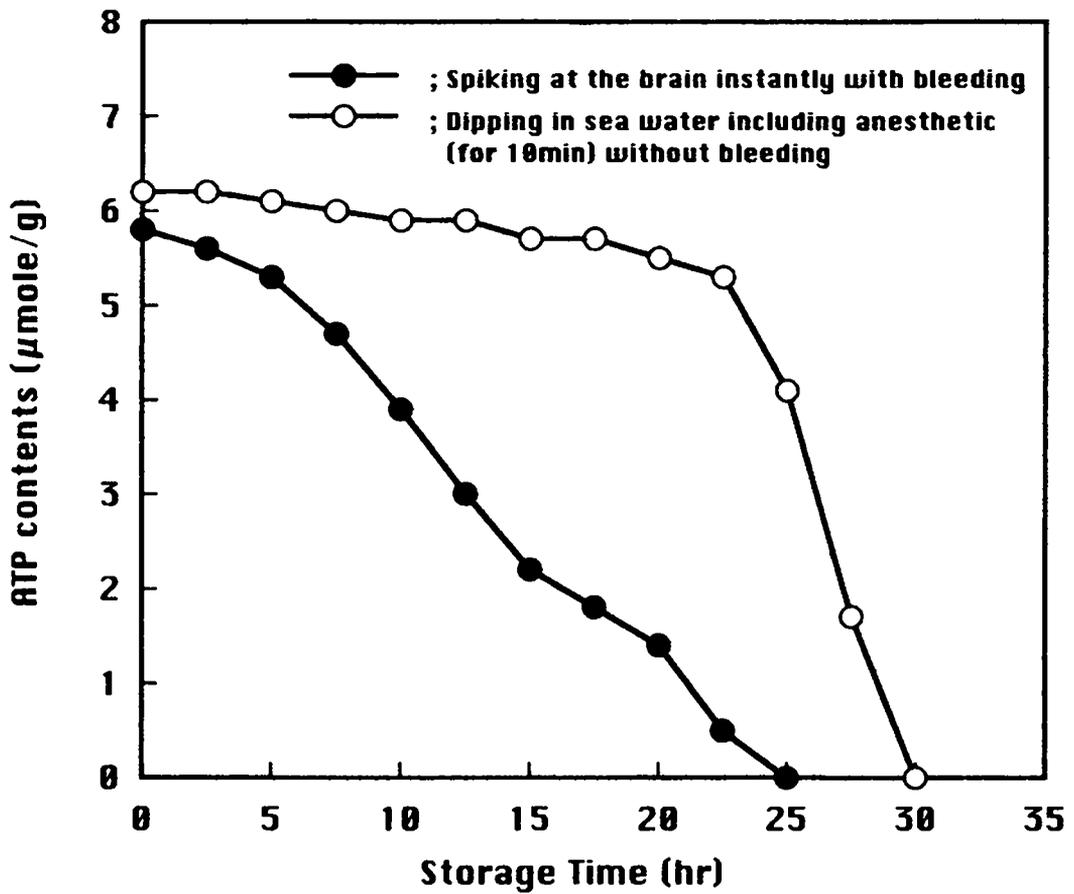


Fig.2-5-2. Effect of anesthesia killing and non-bleeding on changes in ATP breakdown of plaice muscle during storage at 0°C.

5.84 $\mu\text{mole/g}$ 을 나타내었으며, 저장기간이 길어짐에 따라서 감소하여 저장 25시간 후에 완전히 분해되었다. 한편, 마취사·무방혈에서는 즉살·방혈과는 달리 저장 22.5시간까지 ATP의 분해가 약간 관찰되다가 그 이후로 급속히 분해되어 저장 30시간 후에는 완전히 분해되었다. 즉, 치사 후에 6.20 $\mu\text{mole/g}$ 이던 것이 저장 22.5시간 후에 5.3 $\mu\text{mole/g}$ 로 분해가 상당히 억제되다가, 그 이후로 갑자기 분해되었다.

이와 같이 마취사·무방혈시에 사후 22.5시간까지 ATP분해가 억제되는 결과는, 마취로 인한 근세포체의 Ca^{2+} 방출 신경전달계의 차단에 의한 ATP분해의 지연 뿐만 아니라, 혈액으로부터 ATP가 재생되는 것으로 판단된다. ATP의 분해속도 상수는 즉살·방혈에서는 0.249h^{-1} 이었으며, 마취사·무방혈에서는 저장 22.5시간까지는 0.0385h^{-1} , 그리고 22.5시간 이후는 0.820h^{-1} 으로, 2단계로 분해되었다.

다. ATP관련 물질들의 변화

마취사 및 무방혈이 넙치육의 ATP 관련물질의 변화에 미치는 영향을 검토한 결과, 즉살·방혈(Fig.2-5-3)에서는 치사직후에 ATP함량은 5.8 $\mu\text{mole/g}$ 으로 근육중의 전 ATP관련물질의 67%를 차지하였으며, ADP+AMP는 1.3 $\mu\text{mole/g}$, IMP는 1.0 $\mu\text{mole/g}$, HxR+Hx는 0.6 $\mu\text{mole/g}$ 이었다. ATP는 저장기간이 길어짐에 따라서 감소하여 25시간 후에 완전히 분해되었고, ADP+AMP는 저장기간을 통하여 일정한 값을 유지하였다. 한편, IMP는 ATP의 감소와 더불어서 증가하였으며 ATP가 완전히 분해된 25시간 후에 6.6 $\mu\text{mole/g}$ 까지 상승하였고, 그 후 35시간까지 일정한 값을 나타내었다. HxR+Hx는 저장기간이 길어짐에 따라 약간 상승하여 저장 35시간 후에 1.1 $\mu\text{mole/g}$ 을 나타내었다. 한편, 마취사·무방혈(Fig.2-5-4)에서는 치사직후에 ADP+AMP는 1.2 $\mu\text{mole/g}$, IMP는 0.8 $\mu\text{mole/g}$, HxR+Hx는 0.6 $\mu\text{mole/g}$ 으로, 즉살·방혈과 큰 차이는 없었다. 그러나, ATP의 변화는 즉살·방혈과

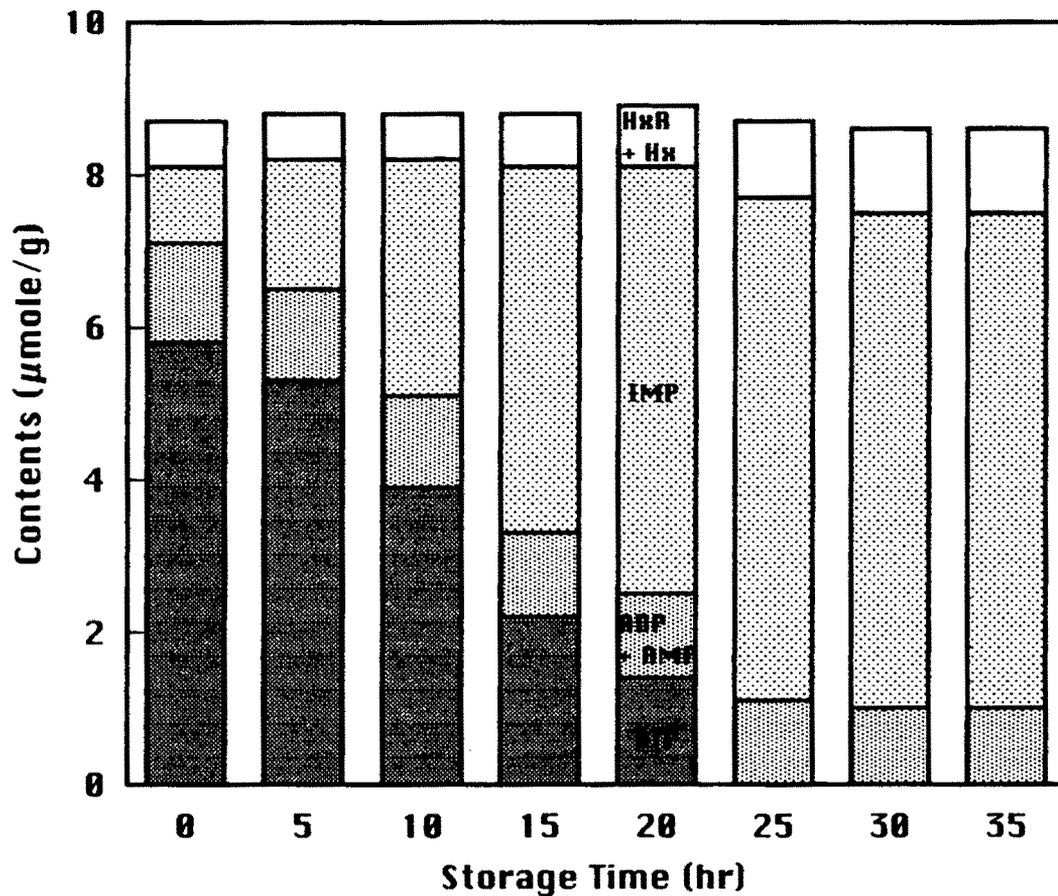


Fig.2-5-3. Changes in contents of ATP and its related compounds in plaice muscle during storage at 0°C after spiking at the brain instantly with bleeding.

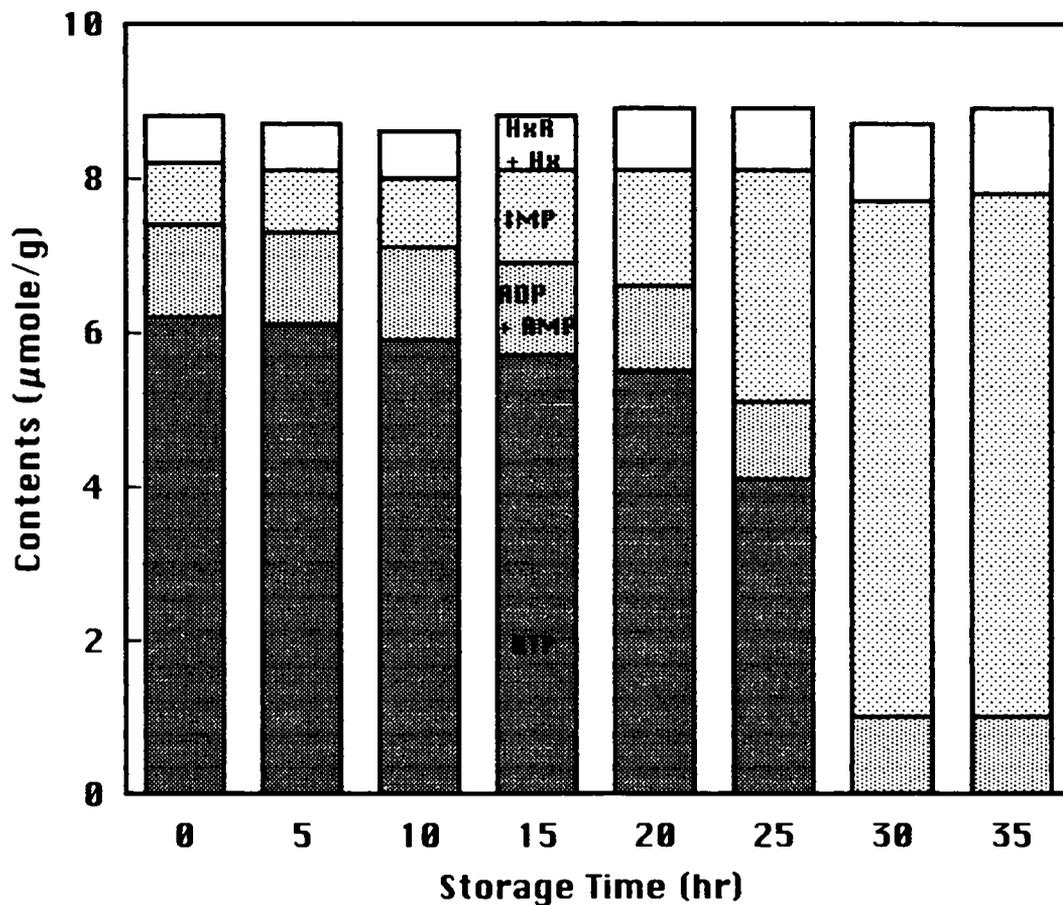


Fig.2-5-4. Changes in contents of ATP and its related compounds in plaice muscle during storage at 0°C after dipping in sea water including anesthetic without bleeding.

는 달리 치사직후에 $6.3 \mu\text{mole/g}$ 으로 전 ATP 관련물질의 71%이었으며, 또 저장기간중에 분해가 억제되어 저장 22.5시간까지 $5.3 \mu\text{mole/g}$ 의 값을 유지하였으며, 그 후에 급속히 분해되어 저장 30시간 후에 완전히 분해되었다. IMP는 ATP의 감소와 더불어서 증가하여 저장 30시간후에는 $6.7 \mu\text{mole/g}$ 까지 상승하여 일정한 값을 유지하였다. 한편, ADP+AMP 및 HxR+Hx값을 저장기간을 통하여 변화가 거의 관찰되지 않았다.

라. 파괴강도의 변화

육질의 단단함에는 collagen의 함량 및 분포 형태에 따라서 결정되어지는 background toughness(어종에 따른 고유의 단단함)와 사후 근육중의 ATP의 분해에 따른 myosin과 actin의 결합에 의하여 actomyosin 복합체 형성으로 발생하는 actomyosin toughness(근육 수축에 의한 단단함)로 나누어진다(山本·丸山, 1988). Background toughness는 사후조기에 collagen matrix의 붕괴에 의하여 서서히 저하하는 반면에 actomyosin toughness는 살아있는 근육의 이완시에는 생성되지 않지만, 사후조기에 ATP의 분해에 의하여 actomyosin 복합체가 형성되어서 서서히 발생하게 된다. 사후에 어육의 단단함의 변화는 어종, 신선도, 취사방법 및 조리 후의 저장조건 등에 영향을 받음이 알려져 있으며, 육질이 단단한 어종일수록 고급횃감으로 취급된다.

마취사 및 무방혈이 육의 파괴강도의 변화에 미치는 영향을 검토하기 위하여 즉살·방혈 및 마취사·무방혈의 시료 넙치를 0°C 에 저장하는 동안에 육의 파괴강도 변화를 Fig.2-2-5에 나타내었다. 치사직후의 파괴강도는 $1736.2 \pm 65.4\text{g}$ 이었으나, 즉살·방혈에서는 저장기간중에 서서히 증가하여 저장 10시간 후에 $2207.3 \pm 60.2\text{g}$ 을 나타내어, 치사직후보다 27.1% 상승하였으나, 그 이후로 급속하게 감소하였다. 한편, 마취사·무방혈에서는 파괴강도의 증가속도가 완만하였을 뿐만 아니라 최고값도 낮았으며 저장 20

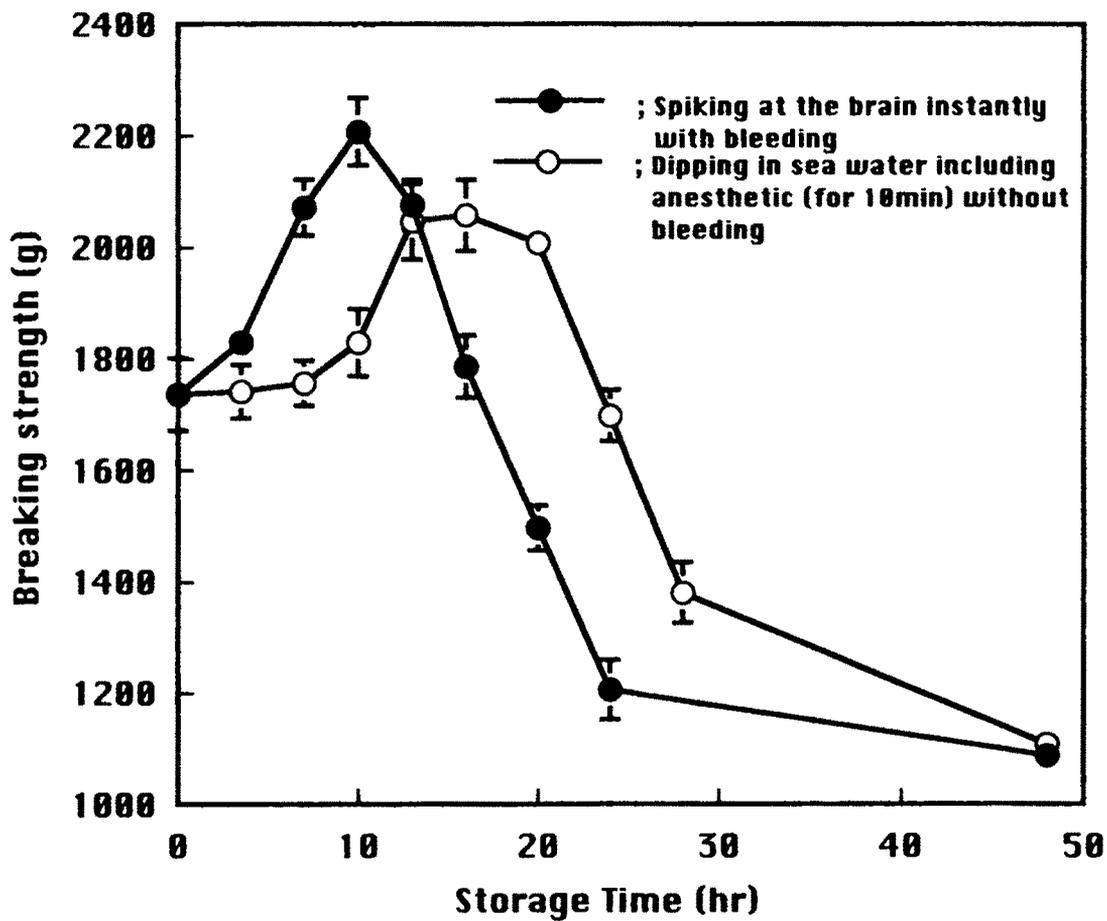


Fig. 2-5-5. Effect of anesthesia killing and non-bleeding on changes in breaking strength of plaiice muscle during storage at 0°C.

시간까지 그 값이 유지되었다. 즉, 저장 13시간 후에 $2046.8 \pm 67.4g$ 을 나타내어 치사직후보다 17.9%상승하였으며, 이후 큰 감소가 없이 일정하게 유지되어 저장 20시간 후에는 $2085.5 \pm 27.2g$ 값을 나타내었다.

축육은 물론이고 어육도 치사후에 방혈시키지 않으면 선도저하가 촉진됨이 알려져 있으며, 선도보존을 위해서는 치사직후에 바로 방혈시키는 것을 원칙으로 하고 있다. 한편, 安藤(1996)는 방어, 전갱이 등 회유어는 혈액이 육질의 연화에 관여하지만, 돔, 넙치 등의 저서어는 혈액이 육질의 연화에 관계가 없음을 보고하고 있다. 본 실험의 마취사·무방혈시에 육질의 단단함의 상승이 즉살·방혈보다 늦은 것은 마취로 인한 근세포체의 Ca^{2+} 방출·신경전달계의 차단뿐만 아니라 ATP분해억제에 따른 근육의 이완으로 수축이 지연되는 것으로 생각된다. 또, 상승된 파괴강도의 저하가 늦은 것은 근육수축의 지연 및 약화에 의한 collagen matrix의 damage가 최소화되기 때문인 것으로 사료된다.

이상의 결과로부터, 즉살·방혈보다는 마취사·무방혈 상태로 $0^{\circ}C$ 에 보존하면서 수송하면, 즉살·방혈 수송보다는 육질의 단단함의 보존기간이 연장되므로, 활어수송산업에 유용할 것으로 생각된다.

마. 유산량의 변화

즉살·방혈 및 마취사·무방혈의 시료 넙치를 $0^{\circ}C$ 에 저장하는 동안에 유산량의 변화를 Fig.2-5-6에 나타내었다. 치사직후의 유산함량은 $10 \mu mole/g$ 이었으며, 즉살·방혈에서 저장초기에 유산 축적이 빨라 저장 20시간후에 약 $50 \mu mole/g$ 까지 상승한 후에 일정한 값을 나타냈었다. 한편, 마취사·무방혈에서는 15시간까지 유산축적이 거의 관찰되지 않다가, 그 후로 갑자기 상승하여 저장 25시간 후에 $51.7 \mu mole/g$ 으로 최대값을 나타내었다. 유산축적의 반응속도 상수는 즉살·방혈은 $1.29h^{-1}$, 마취사·무방혈은 저장 15시간까지는 $0.086h^{-1}$, 저장 15시간에서 25시간까지는 $4.01h^{-1}$

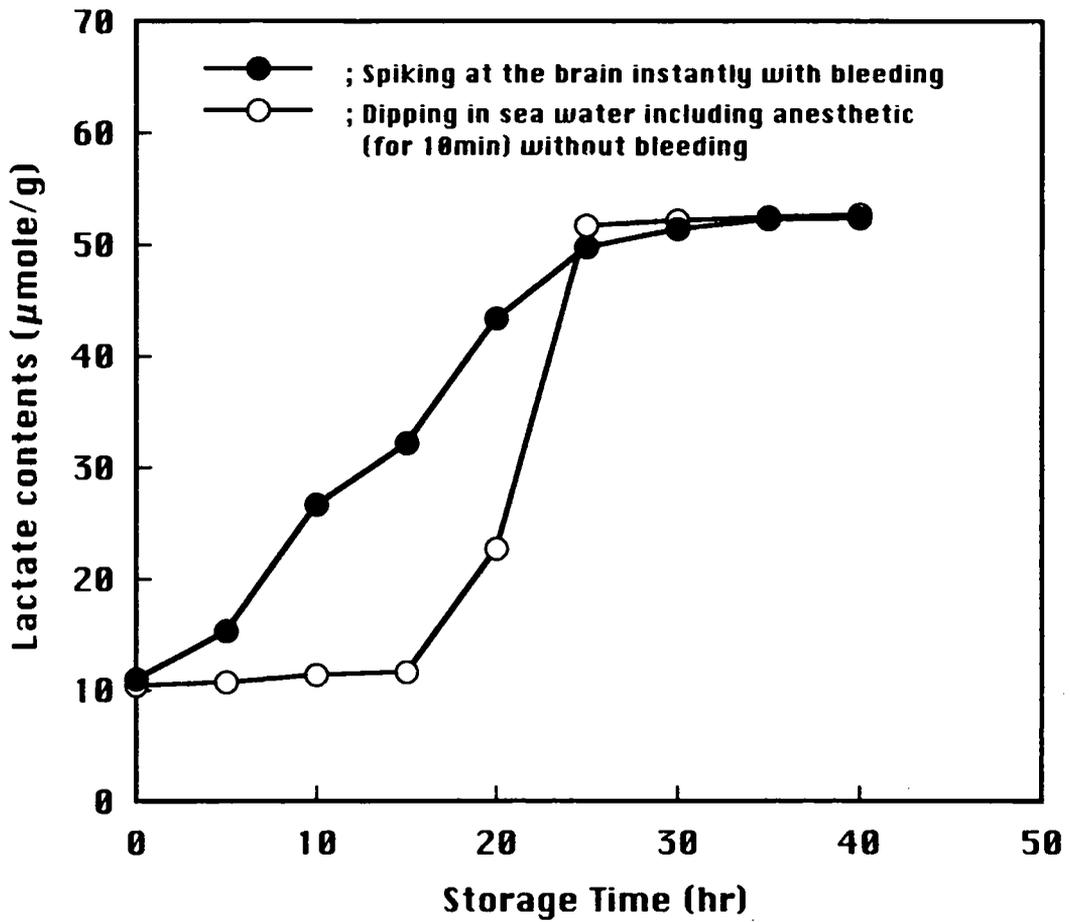


Fig. 2-5-6. Effect of anesthesia killing and non-bleeding on changes in lactate accumulation of plaice muscle during storage at 0°C.

의 값으로, ATP 분해와 같이 두 단계로 증가하였다. 이러한 결과는, ATP 분해에 따른 해당작용의 진행으로 유산의 축적이 진행되므로 ATP분해와 유산축적이 상관이 있다는 보고 (Watabe et al, 1991)와 일치하였으며, 마취사·무방혈시에 유산축적이 현저히 지연되는 결과는 마취사·무방혈시에 ATP분해가 억제되기 때문에 해당작용이 억제된 결과로 추측된다.

바. 잔존 혈액에 의한 외관 변화

활어를 횃집에서 조리하거나 생선회의 선도보존을 위해서는 치사후에 방혈하는 것이 일반적이다. 방혈하지 않으면 사후에 혈액이 근육내의 실핏줄에 그대로 남아서 응고하여 외관을 나쁘게하기 때문이라고 알려져 있다.

본 실험의 결과로부터, 마취사·무방혈의 경우에 생선회의 육질의 단단함의 보존 기간이 연장 가능하지만, 무방혈로 인하여 응고한 혈액으로 생선회의 외관이 나쁘게 된다면 산업적으로는 가치가 없을 것이다.

넙치를 즉살·방혈 그리고 마취사·무방혈 상태로 0℃에서 20시간 저장후에 외관의 변화 정도를 관찰한 결과는 photo 2-5-1과 같다. 마취사·무방혈 및 즉살·방혈 모두, 20시간 저장후에도 외관의 변화는 관찰되지 않았다.

제 6절 냉각전에 生死 차이의 영향

어류의 사후변화에 대하여 어종, 치사조건의 차이, 치사후 저장온도, 방혈유무등이 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Johnaton and Moon,1980).

치사조건은 고민사시킨 것이 안락사시킨 것 보다, 치사후의 냉각 저장온도는 저온일수록(조. 김,1993), 그리고 방혈시킨 것이 무방혈시킨 것 보다(Cho et al, 1996), 사후 어육의 물리·화학적변화가 촉진됨이 알려져 있다.



Photo. 2-5-1. External appearance of *sashimi* after 20 hrs storage at 0°C.

활어를 상온에서 0℃까지 냉각전에 生死의 차이는 저온저장중에 어육의 물리·화학적 변화에 영향을 미칠 것이다. 즉, 生筋에서의 근육의 수축은 신경전달지령에 의하여 근세포체로부터 Ca^{2+} 이 급속히 방출되는 반면에, 生筋에서는 근세포체가 생리적 기능을 상실해 버렸기 때문에 Ca^{2+} 은 서서히 누출하게 된다.

본 절에서는 활어를 냉각시키기 전에 生死의 차이가, 넙치육의 사후조기의 물리·화학적 변화에 미치는 영향에 대하여 검토하였다.

1. 재료 및 방법

넙치(700~800g)를 활어상태로 실험실로 운반하여 20℃ 해수에서 약 6시간 정도 회복시킨 후에, 마취사시킨 것(2,000ppm ethyl-anioenzoate 마취액에 10분간 침지)과 활어상태의 두 종류를 0℃로 조정된 냉각해수에 바로 침지하여 저장하면서 시료로 사용하였다.

사후경직도는 Bito등(1983)의 방법으로 측정하였고, 파괴강도는 Ando등(1991)의 방법, 즉 넙치의 밑면을 평평하게 하여 20x20x10mm³ 크기로 잘라서 측정용 시료로 사용하였으며, 파괴강도값은 직경 10mm cylinder plunger를 사용하고 deformation을 60%로 하여, 속도 60mm/min때의 최고값을 측정하였다. 실험 결과값은 6~8회 측정하여 평균±표준편차(mean±S.D.)로 나타내었다. 또, ATP관련물질은 HPLC로 분석하였고, 유산량은 Barker와 Summerson(1941)방법에 따라서 측정하였다.

2. 결과 및 고찰

가. 사후경직도의 변화

냉각전에 生死의 차이가 어육의 사후경직도의 변화에 미치는 영향을 검토

하기 위하여 마취사시킨 것과 활어 상태의 시료넙치를 0℃로 조정된 냉각해수에 바로 침지하여 저장하는 동안에 사후경직의 변화를 Fig.2-6-1에 나타내었다. 마취사후에 0℃ 냉각해수에 바로 침지저장한 것은 저장 2.5시간 까지 경직의 진행은 관찰되지 않았으며, 5시간 후에는 10.6% 값을 나타내었다. 그 이후에 시간의 경과와 더불어 증가하여 30시간후에 최고값인 98%를 나타내었다. 한편, 살아있는 상태로 0℃ 냉각해수에 바로 침지저장한 것은 침지직후에 격렬하게 움직였으며, 저장 2시간 후에 경직도가 7% 까지 상승하였다. 그 이후에도 사후경직도의 값은 마취사한 것보다 빨리 증가하여 저장 18시간 후에 98%의 최고 경직도를 나타내었다. 이와같이, 냉각시키기전에 生死의 차이에 따라서 사후경직도의 변화에 차이가 나는 것은, 生筋에서의 근육의 수축은 0℃ 냉각해수 침지에 의하여 근소포체로부터 Ca^{2+} 이 급속히 세포내로 방출되어서 myosin과 actin의 결합에 의한 근육의 수축으로 사후경직이 촉진되는 반면에, 死筋에서는 신경전달지령이 아닌 저온 환경에 의한 근소포체의 수축으로 Ca^{2+} 의 방출속도가 느리기 때문에 사후경직이 늦어지는 것으로 생각된다.

나. ATP 분해

어육의 사후, ATP의 분해 속도는 저장온도, 치사조건, 방혈유무등에 영향을 받으며, 저장온도가 낮을수록 분해가 촉진되며(Kim and Cho, 1992), 치사조건은 전기자극시킨 것이 분해가 가장 촉진됨이 알려져 있다(이 등,1995). 그리고, 방혈유무는 어종에 따른 차이는 있지만, 넙치를 시료로 한 실험에서는 무방혈이 방혈보다 ATP의 분해가 억제된다고 보고하고 있다(조 등, 1996).

마취사시킨 것과 활어상태의 시료 넙치를 0℃로 조정된 냉각해수에 바로 침지하여 저장하는 동안에 ATP의 분해정도를 Fig. 2-6-2에 나타내었다. 마취사후에 0℃ 냉각해수에 바로 침지저장한 것은 치사직후에 $6.4 \mu\text{mol/g}$ 의

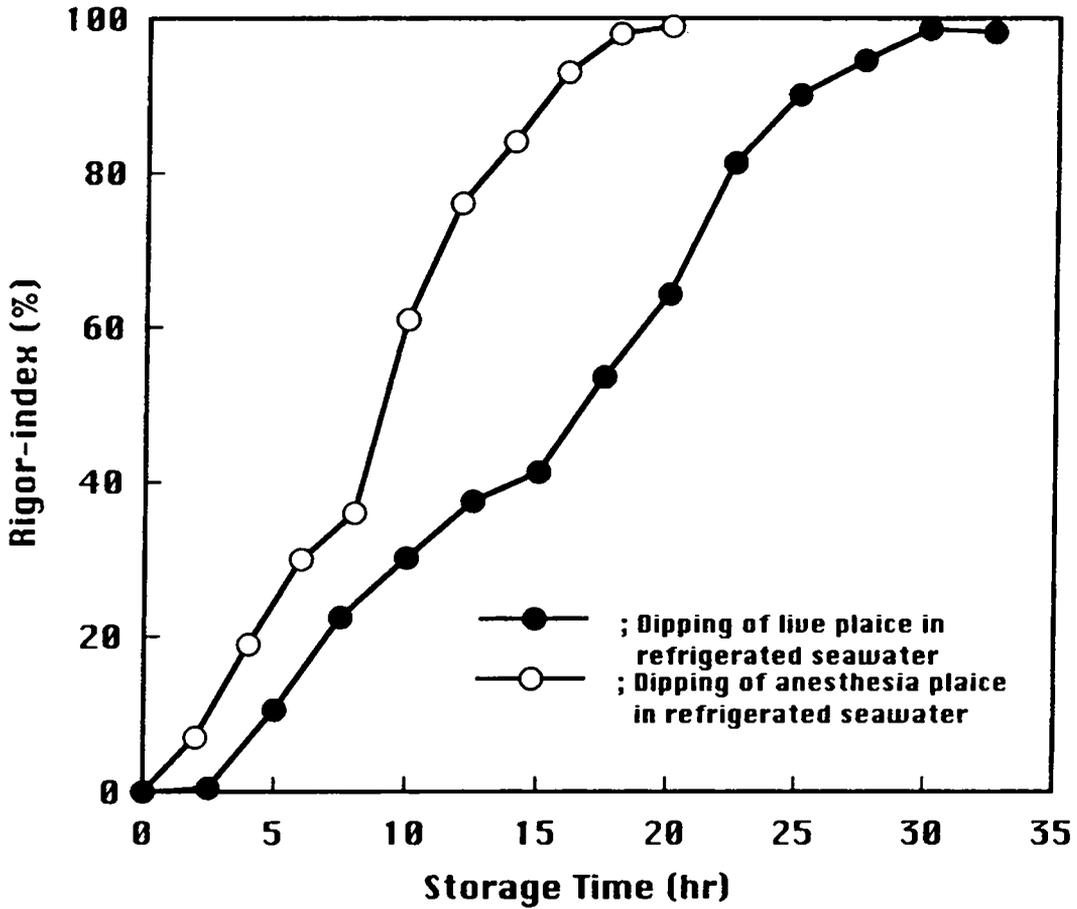


Fig. 2-6-1. Effect of live or anesthesia killing before dipping in refrigerated seawater(0°C) on changes in rigor-index of plaice muscle during storage.

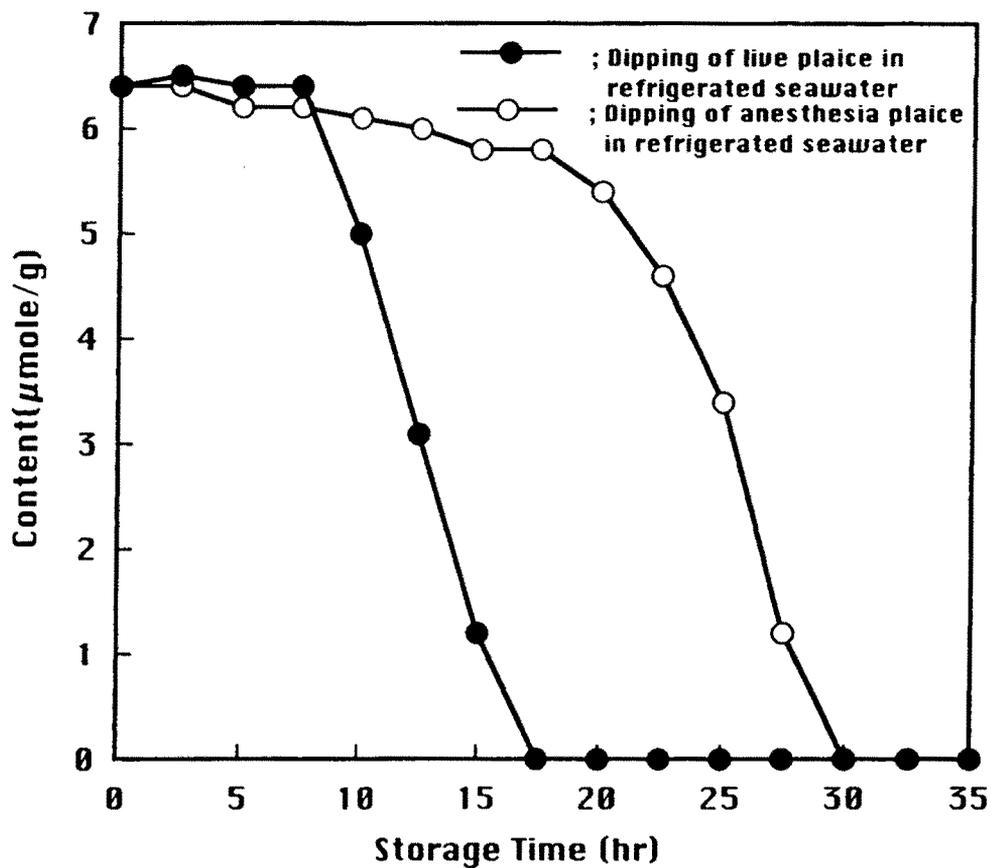


Fig. 2-6-2. Effect of live or anesthesia killing before dipping in refrigerated seawater(0°C) on changes in ATP breakdown of plaice muscle during storage.

값을 나타내었으며, 저장 초기에는 ATP의 분해가 거의 관찰되지 않고 저장 20시간까지 $5.4 \mu\text{mol/g}$ 의 값을 유지하였다. 그 이후로 급격히 분해되어 저장 25시간 후에는 $3.4 \mu\text{mol/g}$ 을 나타내었고, 저장 30시간 후에는 완전히 분해되었다. 한편, 살아있는 상태로 0°C 냉각해수에 바로 침지저장한 것은 ATP분해가 빨랐다. 즉, 저장 7.5시간까지는 $6.4 \mu\text{mol/g}$ 값으로 유지되다가 그 이후로 급속히 분해되어 저장 17.5시간후에는 완전히 분해되었다.

이와같이, 마취사후에 0°C 냉각해수에 바로 침지저장한 것이 살아있는 상태로 침지저장한 것보다 ATP분해가 억제되는 결과는 마취로 인한 근소포체로의 신경전달계의 차단 때문인 것으로 판단되었다. 그리고, 살아있는 상태로 침지저장한 것도 저장 7.5시간까지 ATP함량이 줄어들지 않는 것은 혈액으로부터 ATP가 재생되기 때문이라고 추정한 Cho et al.(1996)의 보고와 일치하는 것으로 생각된다.

ATP분해속도 상수는 마취사후에 0°C 냉각해수에 바로 침지저장한 것은 저장 17.5시간까지는 0.038h^{-1} 였으며, 그 이후 저장 30시간까지는 0.489h^{-1} 였다. 살아있는 상태로 0°C 냉각해수에 침지저장한 것은 저장 7.5시간 까지 0.004h^{-1} 였고 그 이후 저장 30시간까지 0.664h^{-1} 의 값을 나타내었다.

다. ATP관련 물질들의 변화.

마취사 후에 0°C 냉각해수에 바로 침지저장한 것은(Fig. 2-6-3), 치사적 후에 ATP함량은 $6.4 \mu\text{mole/g}$ 으로 근육중의 전체 ATP관련물질의 74%를 차지하였으며, ADP+AMP는 $1.2 \mu\text{mole/g}$, HxR+Hx는 $0.6 \mu\text{mole/g}$ 이었다. ATP는 저장기간의 초기에는 분해되지않고 일정한 값을 유지하였으나, 저장 20시간 이후부터 급격히 감소하기 시작하여 저장 30시간 후에는 완전히 분해되었다. 한편, IMP는 ATP의 감소와 더불어서 증가하였으며, ATP가 완전히 분해되는 30시간 후에 $6.6 \mu\text{mole/g}$ 까지 상승하였다. ATP+ADP는 저장기간을 통하여 거의 일정한 값을 유지하였으며, HxR+Hx는 저장기간이 길어짐에 따

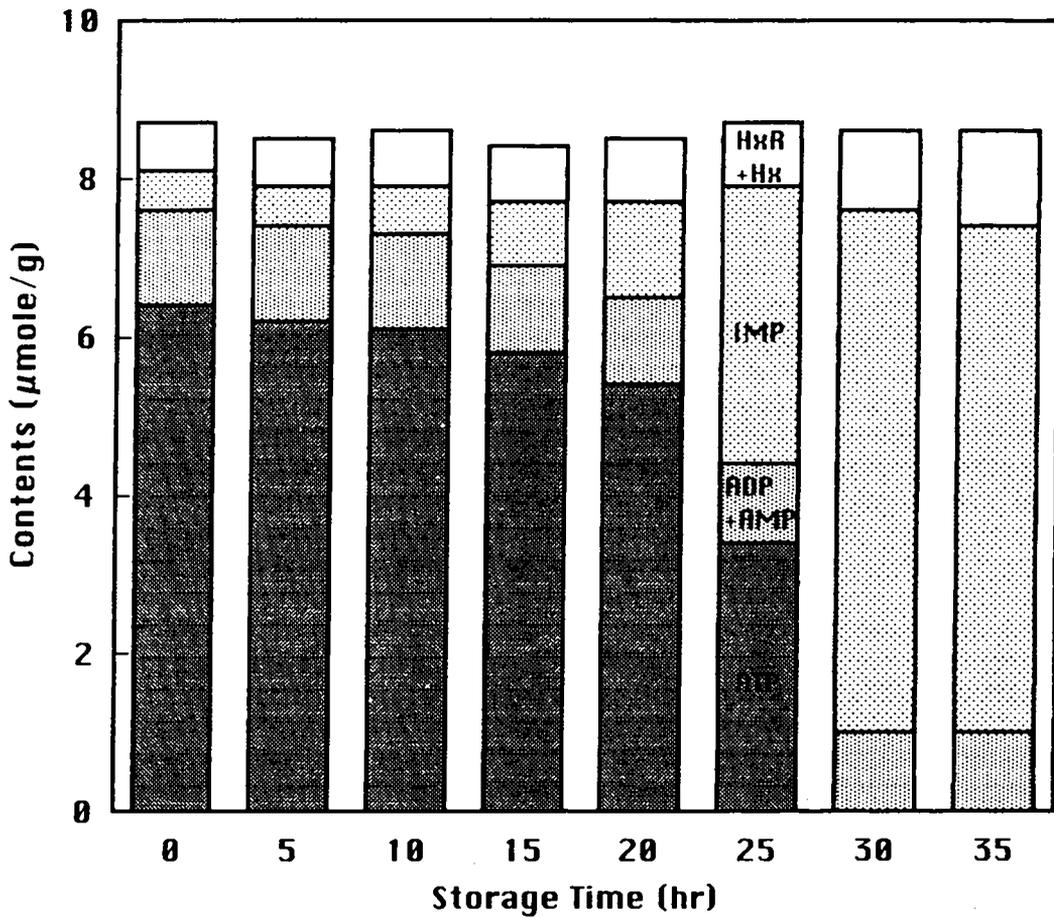


Fig.2-6-3. Changes in contents of ATP and its related compounds in plaice muscle killed by anesthesia without bleeding during storage at 0°C seawater.

라서 약간 상승하여 저장 35시간 후에는 $1.2\mu\text{mole/g}$ 의 값을 나타내었다.

살아있는 상태로 0°C 냉각해수에 저장한 것의 ATP관련물질의 변화는 Fig. 2-6-4와 같다. 대조시료는 ATP+ADP가 $1.2\mu\text{mole/g}$, IMP는 $0.5\mu\text{mole/g}$, HxR+Hx는 $0.5\mu\text{mole/g}$ 으로, 마취사시킨 시료와 큰 차이는 없었다. 그러나, 저장중에 ATP의 변화는 마취사시킨 것과는 달리, 저장초기 7.5시간까지는 분해가 거의 관찰되지않다가 그 이후로 급격히 감소하여 저장 17.5시간 후에 완전히 분해되었다. IMP는 ATP의 감소와 더불어서 증가하여 저장 17.5시간 후에는 $6.7\mu\text{mole/g}$ 까지 상승하였고, 그 이후로 거의 일정한 값을 유지하였다. 한편, ADP+AMP는 저장기간을 통하여 거의 변화가 없었으며, HxR+Hx는 저장기간이 길어짐에 따라서 약간 상승하여 저장 35시간 이후에는 마취사시킨 육과 동일한 $1.2\mu\text{mole/g}$ 까지 상승하였다. 이상과 같은 결과로부터, 냉각전에 활어의 生死의 차이에 따라서 ATP 분해속도는 차이가 있지만, 신선도의 지표인 K값의 변화에는 차이가 없는 것으로 판단된다.

라. 파괴강도의 변화

냉각전에 활어의 生死의 차이가 육질의 단단함의 변화에 미치는 영향을 검토하기 위하여, 마취사 후에 0°C 냉각해수에 바로 침지저장한 것과 활어 상태의 시료 넘치를 0°C 냉각해수에 바로 침지저장하는 동안에 육의 파괴강도의 변화를 Fig. 6-2-5에 나타내었다. 대조시료의 파괴강도값은 $1736.2 \pm 65.4\text{g}$ 이었으나, 마취사 후에 0°C 냉각해수에 바로 침지하여 저장한 것은 파괴강도의 증가속도가 완만하여 저장 12.5시간 후에 $2126.3 \pm 32.2\text{g}$ 으로 최고의 값은 나타내었으며, 대조시료보다 약 22% 만큼 상승하였다. 그 이후에 서서히 저하하였으나 저장 20시간 후에도 $1896.5 \pm 29.2\text{g}$ 으로 대조구보다 높은 값을 유지하였다. 이러한 결과는, 조 등(1996)이 마취사·무방

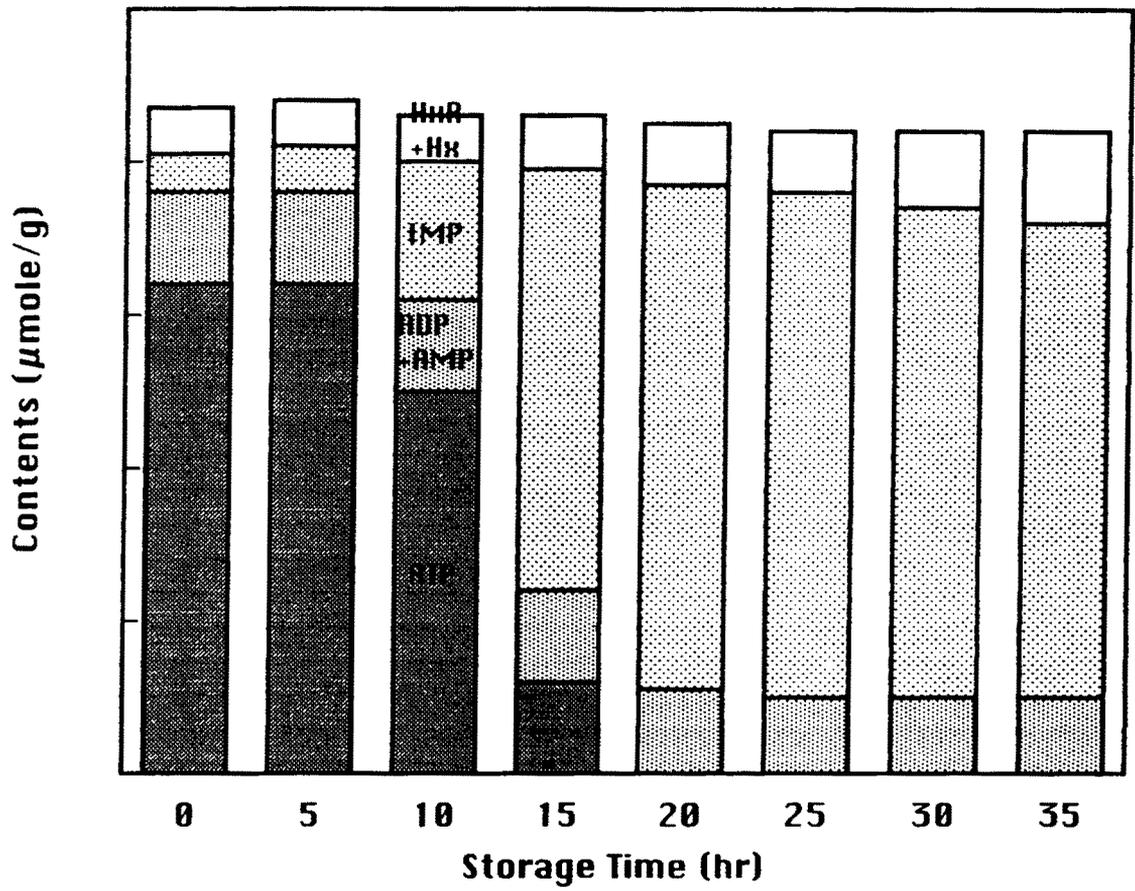


Fig.2-6-4. Changes in contents of ATP and its related compounds in plaice muscle during storage at 0°C seawater without killing.

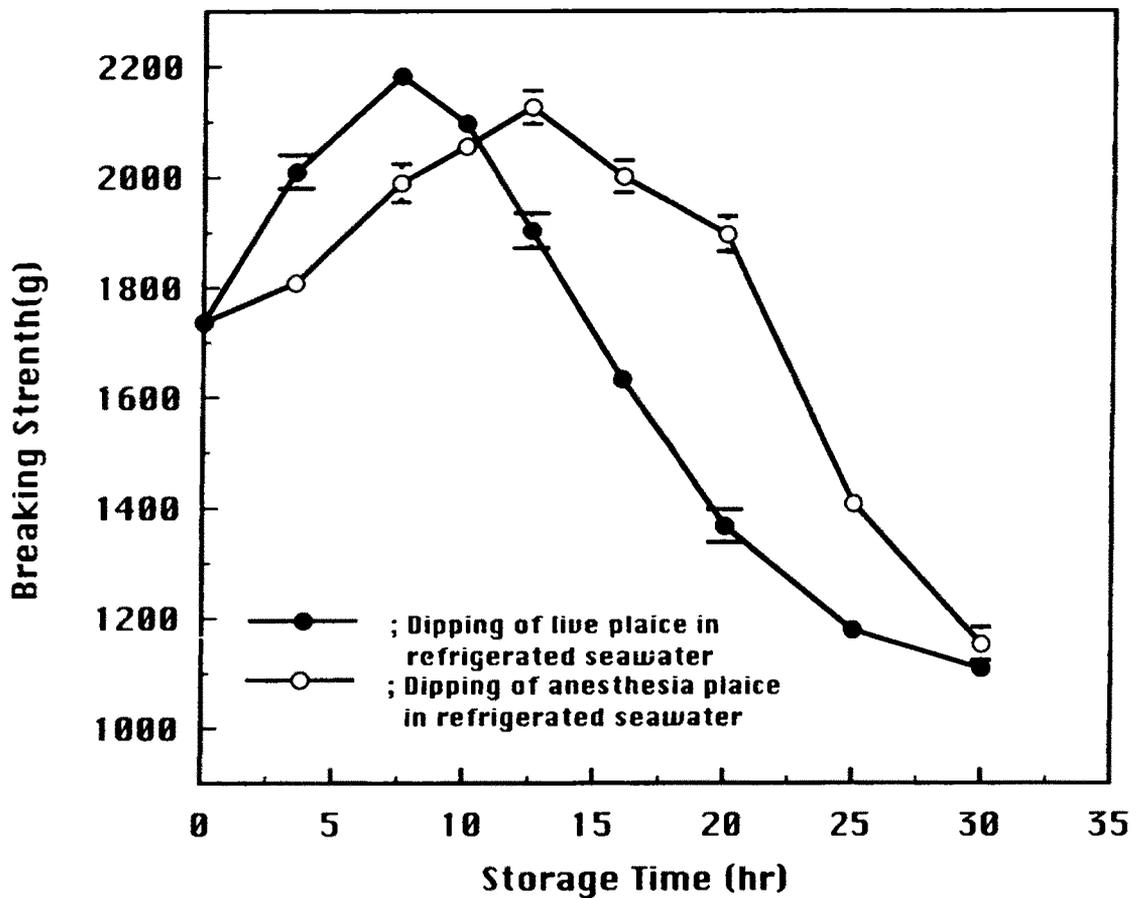


Fig. 2-6-5. Effect of live or anesthesia killing before dipping in refrigerated seawater(0°C) on changes in breaking strength of plaice muscle during storage.

혈 상태로 넵치육을 0℃ 냉장고에 저장중에 육의 파괴강도값의 변화가 20 시간까지 대조구보다 높은 값으로 유지되는 것과 같은 결과로, 치사후에 냉각속도는 ATP분해 및 육의 파괴강도등 물리·화학적 변화에 크게 영향이 없음을 시사하는 결과로 생각된다.

한편, 살아있는 상태로 0℃ 냉각해수에 바로 침지하여 저장한 것은 저장 초기에 육의 파괴강도값이 증가하여 저장 7.5시간 후에 $2183.3 \pm 32.2\text{g}$ 으로 대조구보다 약 26% 상승하였다. 그 이후로 감소하여 저장 20시간 후에는 $1367.2 \pm 40.9\text{g}$ 으로, 마취사 시료보다 상당히 낮은 값을 나타내었다. 이와 같은 결과는, 치사방법에 따른 육의 파괴강도 변화를 실험한 조 등(1994)의 결과와 유사한 것으로 살아있는 상태로 냉각해수에 침지시켰을 때에 주위 환경이 저온이기 때문에 격렬한 몸부림을 치므로, 이 때에 ATP의 급격한 분해로 myosin과 actin의 결합에 의하여 생성되는 장력 때문에 육의 파괴강도의 증가속도가 빨랐으며, 그 이후로 collagen matrix의 취약화의 가속화 때문에 육의 파괴강도값의 저하가 빨라진 것으로 생각된다.

마. 유산량의 변화

死直後の 근육에는 유산이 거의 축적되어 있지않으며, ATP값이 감소하기 시작하는 시점에서 경직이 개시되는데, 이 시점에서 유산량도 증가하기 시작한다. 사후경직도가 100%에 도달한 완전 경직기 시점에서 creatine phosphate 및 ATP가 거의 완전히 소실됨과 동시에 유산의 축적량은 최대 값에 도달하게 된다.

마취사후에 0℃ 냉각해수에 바로 침지하여 저장한 것과 활어상태의 넵치를 0℃ 냉각해수에 바로 침지하여 저장하는 동안에 근육중의 유산량의 변화를 Fig. 2-6-6에 나타내었다. 대조시료의 유산함량은 $9.8 \mu\text{mole/g}$ 이었으며, 마취사후에 0℃ 냉각해수에 바로 침지하여 저장한 것은 10시간까지 유

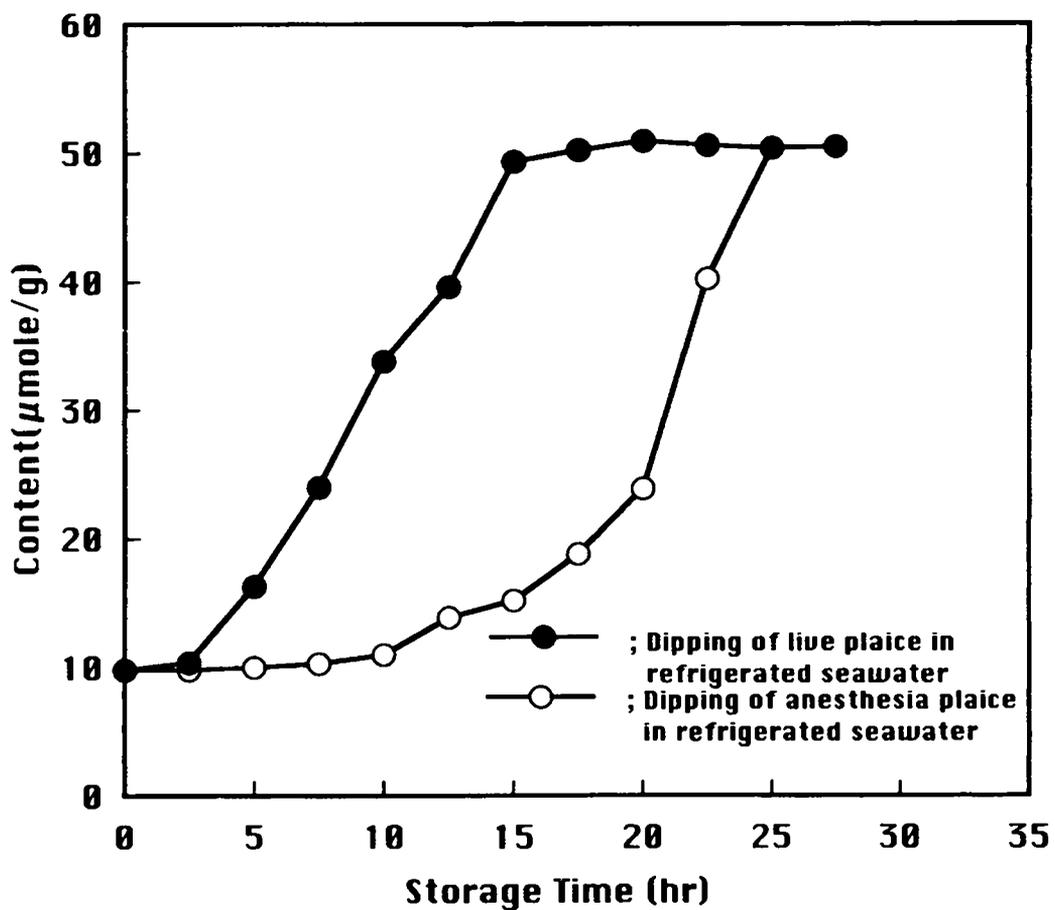


Fig. 2-6-6. Effect of live or anesthesia killing before dipping in refrigerated seawater(0°C) on changes in lactate content of plaice muscle during storage.

산의 증가가 거의 관찰되지 않다가, 그 이후로 서서히 증가하여 저장 20시간 후에 $23.9 \mu\text{mole/g}$ 을 나타내었고, 그 이후로 급격히 증가하여 저장 25시간 후에는 $50.4 \mu\text{mole/g}$ 으로 최고값을 나타내었다. 한편, 살아있는 상태로 0°C 냉각해수에 바로 침지하여 저장한 것은 저장초기에 유산축적이 빨랐으며, 저장 15시간 후에 $49.3 \mu\text{mole/g}$ 의 값까지 상승하여 최고값을 나타내었다.

유산축적의 반응속도 상수는, 마취사후에 0°C 냉각해수에 침지저장한 것은 10시간까지는 0.116h^{-1} , 10시간에서 20시간까지는 1.468h^{-1} , 20시간에서 25시간까지는 4.7h^{-1} 의 값을 나타내었다. 한편, 살아있는 상태로 0°C 냉각해수에 침지저장한 것은 저장 2.5시간에서 15시간까지 3.134h^{-1} 의 값을 나타내었다.

이상과 같은 냉각전에 生死의 차이에 따른 근육중의 유산 축적량의 변화는, ATP분해와 상관의 깊다는 Watabe et al.(1991)의 보고와 일치하였다. 본 실험에서 마취사후에 0°C 냉각해수에 바로 침지하여 저장한 시료의 유산 생성이 억제되는 것은, Fig. 2-6-2에 나타난 바와같이 ATP의 분해가 억제되기 때문에 해당작용이 늦어져 유산의 축적이 늦어지는 것으로 해석된다.

참 고 문 헌

Ando, M., H. Toyohara, Y. Shimizu and M. Sakaguchi. 1991a. Post-mortem tenderization of fish muscle proceeds independently of resolution of rigor mortis. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 57(6), 1165-1169.

Ando, M , H. Toyohara, Y. Shimizu and M. Sakaguchi. 1991b. Post-mortem tenderization of rainbow trout(*Oncorhynchus mykiss*) muscle caused by gradual disintegration of the extracellular matrix structure. *J. Sci. Food Agric.*, 55, 589-597.

Ando, M , H. Toyohara, Y. Shimizu and M. Sakaguchi. 1993. Post-mortem tenderization of fish muscle due to weakening of pericellular connective tissue. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59(6), 1073-1076.

Barker, S. B, and W. H. Summerson, 1941. The colorimetric determination of lactic acid in biological material. *J. Biol. Chem.*, 138, 538.

Bendall. J. R., C. C. Ketteridge and A. R. George. 1976. The electrical stimulation of beef carcasses. *J. Sci. Food Agri.*, 27. 1123~1131

Bito, M., K. Yamada, Y. Mikumo and K. Amano. 1983. Studies on the rigor mortis of fish-I. Diffenrence in the mode of rigor mortis among

some varieties of fish by modified Cutting's method. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., 109, 89.

Boyd, N. S., N. D. Willson, A. R. Jerrett and B. I. Hall. 1984. Effects of brain destruction on post harvest muscle metabolism in the fish kahawai(*Arripis truttis*). J. Food sci., 49, 177~179

Calkins, C. R., T. R. Dutson, G. C. Smith and Z. L. Carpenter. 1982. Concentration of creatine phosphate, adenosine nucleotides and their derivatives in electrically stimulated and nonstimulated beef muscle. J. Food Sci., 47, 1350~1353

Cho, Y. J. 1992. Relationship between temperature dependency and breaking strength of plaice muscle during low temperature storage. Bull. Korean Fish. Soc., 25, 322-323

Cho, Y. J. and Y. Y. Kim. 1993. Early changes after death of plaice, *Paralichthys olivaceus* muscle. 2. Temperature dependency on physicochemical and rheological properties. Bull. Korean Fish. Soc., 26, 1~7. (in Korean)

Cho, Y. J., N. G. Lee, Y. Y. Kim, J. H. Kim, Y. J. Choi, K. B. Kim and K. W. Lee. 1994. Early changes after death of plaice, *Paralichthys olivaceus* muscle. 4. Effect of killing methods on rigor index and breaking strength of muscle. 27, 41~46. (in Korean)

Cho, Y. J., N. G. Lee, Y. Y. Kim, J. H. Kim, K. W. Lee, G. B. Kim and Y. J. Choi. 1994. Early changes after death of plaice, *Paralichthys olivaceus* muscle. 6. Effect of killing methods on morphological changes of myofibrils and histological changes of muscle. Bull. Korean Fish. Soc., 27, 327~334. (in Korean)

Crenwelge, D. D., R. N. Terrell, T. R. Dutson, G. C. Smith and Z. L. Carpenter. 1984. Effects of time postmortem of electrical stimulation and postmortem chilling method on pork quality and palatability traits. J. Food Sci., 49, 294~297

Cross, H. R. 1979. Effects of electrical stimulation on meat tissue and muscle properties. - A review. J. Food Sci., 443, 509~523

Duance, V. C., D. J. Restall, H. Beard, F. J. Bourne and A. J. Balley. 1977. The location of three collagen types in skeletal muscle. FEBS Lett., 79, 248-252.

Fleming, J. R., T. Crockford, J. D. Altringhan and I. A. Jhonston. 1990. Effect of temperature acclimation on muscle relaxation in the carp : A mechanical, biochemical, and ultra structural study. J. Exp. Zool., 286-295.

Goll, D. E., Y. Otsuds, P. A. Nagainis, J. D. Shannon, S. K. Sathe and M. Muguruma. 1983. Role of muscle proteinases in maintenance of

muscle integrity and mass. J. Food Biochem., 7, 137-177.

Fraser, D. I., J. R. Dingle, J. A. Hiness, S. C. Nowlan and W. J. Dyer. 1967. Nucleotide degradation, monitored by thin-layer chromatography and associated postmortem changes in relaxed cod muscle. J. Fish. Res. Bd. Canada, 24, 1837~1841.

Greaser, M. L., R. G. Cassens, W. G. Hoeksta and E. J. Bresky. 1969. Post-mortem changes in subcellular fraction from normal and pale, soft exudative porcine muscle. 1. Calcium accumulation and adenosine triphosphatase activities. 2. Electron microscopy. J. Food Sci., 34(2), 120-132.

Hallett, I. C. and H. A. Brimner. 1988. Fine structure of the myocommata-muscle fiber junction in hoki (*Macruronus novaezelandiae*). J. Sci. Food Agric., 44, 245-261

Iwamoto, M, H, Yamanaka, S. Watabe and K. Hasgimoto. 1987. Effect of storage temperature on rigor-mortis and ATP degradation in plaice *Paralichthys olivaceus* muscle. J. Food. Sci., 52, 1514-1517.

Iwamoto, M, H, Yamanaka, H. Abe, H. Ushio, S. Watabe and K. Hasgimoto. 1988. ATP and creatine phosphate breakdown in spiked plaice muscle during storage and activities of some enzymes involved. J. Food. Sci., 53, 1162-1165.

Johnston, I. A. and T. W. Moon. 1980. Exercise training in skeletal muscle of brook trout. J. Exp. Biol. 87,177~194

Kim, J. H., N. G. Lee, Y. Y. Kim, K. W. Lee and Y. J. Cho. 1993. Early changes after death of plaice, *Paralichthys olivaceus* muscle. 3. Effect of killing methods on changes in content of ATP and its related compounds and lactate. Bull. Korean Fish. Soc., 26, 403~408. (in Korean)

Kim, Y. Y. and Y. J. Cho. 1992. Early changes after death of plaice, *Paralichthys olivaceus* muscle. 1. Early changes after death and temperature dependency. Bull. Korean Fish. Soc., 25, 189~196. (in Korean)

Konos, A. C. and K. G. Taylor. 1987. Effect of electrical stimulation and temperature on biochemical changes in beef muscle. Meat Sci., 19, 207~216.

Lawrie, R. A. 1966. Meat science, 1st ed. Pergamon press. New York.

Lee, E. H., K. S. Oh, C. B. Ahn and J. H. Ha. 1987. Preparation of powdered smoked-dried mackerel soup and its taste compounds. Bull. Korean Fish., Soc., 20(1), 41-51.

Matsumoto, M. and H. Yamanaka. 1990. Post-mortem biochemical

changes in the muscle of kuruma prawn during storage and evaluation of the freshness. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 56, 1145-1149

Mochizuki, S. and A. Sato. 1996. Effects of various killing procedures on post-mortem changes in the muscle of chub mackerel and round scad. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 62. 453-457. (in Japanese)

Parrish, JR. F. C. and M. L. Lusby. 1983. An overview of a symposium on the fundamental properties of muscle proteins important in meat science. *J. Food Biochem.*, 7, 125-135.

Poulter, R. G., C. A. Curran and J. G. Disney. 1981. in "Advances in technology in the chilling, freezing, processing, storage and transport of fish, especially underutilized species" (ed. by International Institute of Refrigeration). Paris, 111-123.

Powell, V. H., R. F. Dickinson, N. G. Mcphall, P. E. Bouton and P. V. Harris. 1984. Evaluation of extra low voltage electrical stimulation system for bovine carcasses. *J. Food Sci.*, 49, 363~369.

Savell, J. W., G. C. Smith, Z. L. Carpenter and F. C. Jr. Parrish. 1979. Influence of electrical stimulation on certain characteristics of heavy-weight beef carcasses. *J. Food Sci.*, 44, 911

Seki, N. and H. Tsuchiya. 1991. Extensive changes during storage in

carp myofibrillar proteins in relation to fragmentation. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 57, 927-933.

Seki, N. and T. Watanabe. 1984. Connectin content and its post-mortem changes in fish muscle. *J. Biochem.*, 95, 1161-1167.

Seki, N., Y. Oogane and T. Watanabe. 1980. Changes in ATPase activities and other properties of sardine myofibrillar proteins during ice-storage. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 46(5), 607-615.

Shaw, F. D. and D. J. Walker. 1977. Effect of low voltage stimulation of beef carcass on muscle pH. *J. Food Sci.*, 42, 1140.

Tachibana, K. and M. Tsuchimoto. 1990. Price formation and quality control of mariculture products, in "Suisangaku series"(ed. by K. Hirayama). Vol. 78, Kouseisha Kouseikaku, Tokyo, 48-54.

Takahashi, K., T. Fukazawa and T. Yasui. 1967. Formation of myofibrillar fragments and reversible contraction of sarcomeres in chicken pectoral muscle. *J. Food Sci.*, 32, 409-413.

Tokiwa, T and H. Matsumiya. 1969. Fragmentation of fish myofibril. Effect of storage condition and muscle cathepsin. *Bull. Japanese Soc. Sci. Fish.*, 35, 1099-1109.

Watabe, S., M. Kamal and K. Hashimoto. 1991. Postmortem changes in ATP, creatine phosphate, and lactate in sardine muscle. *J. Food Sci.*, 56, 151-153

Watabe, S., G. C. Hwang, H. Ushio and K. Hashimoto. 1989. Biochemical responses to thermal acclimation in muscle proteins of carp. In "current topic in marine biotechnology" (ed. by Miyachi, I. Karube and Y. Yoshida), The Japanese Society for Marine Technology, Tokyo, 323-326.

Watabe, S., H. Ushio, M. Iwamoto, H. Yamanaka and K. Hashimoto. 1989. Temperature-dependency of rigor-mortis of fish muscle : Myofibrillar Mg^{2+} -ATPase activity and Ca^{2+} uptake by sarcoplasmic reticulum. *J Food Sci.* 54, 1107-1115.

Whiting, R. C., E. D. Strenge, A.J. Miller, R. C. Benedict, S. M. Mozersky and C.E. Swift. 1981. Effect of electrical stimulation on the functional properties of lamb muscle. *J. Food Sci.*, 46, 484~490

Will, P. A., R. L. Henrickson, R. D. Morrison and G.V. Odell. 1977. Effect of electrical stimulation on ATP depletion and sarcomere length in delay-chilled bovine muscle. *J. Food Sci.*, 44, 1646~1648.

Yamaguchi, S. and C. Takahashi. 1984. Hedonic functions of monosodium glutamate and four basic taste substances used at various

concentration levels in single and complex systems. *Agric. Biol. Chem.*, 48(4), 1077-1081.

Yamaguchi, S. 1967. The synergistic taste effect of monosodium glutamate and disodium 5'-inosinate. *J. Food Sci.*, 32, 473-478.

Yamaguchi, S., T. Yoshikawa, S. Ikeda and T. Ninomiya. 1968a. The synergistic taste effect of monosodium glutamate and disodium 5' guanylate. *J. Agric Chem. Soc. Jpn.*, 42, 378-381.

Yamaguchi, S., T. Yoshikawa, S. Ikeda and T. Ninomiya. 1971. Measurement of the relative taste intensity of sodium L-amino acid and 5'-nucleotides. *J Food Sci.*, 26, 846-849.

Yamaguchi, S., T. Yoshikawa, S. Ikeda and T. Ninomiya. 1968b. Synergistic taste effect of some new ribonucleotide derivatives. *Agric. Biol. Chem.*, 32, 797-802.

Yamamoto, J. and E. Noguchi. 1964. Studies on the freshness of fish-X VI. Effect of temperature on the duration of rigor mortis. *Bull. Japan Sea Res. Lab.*, 13, 119.

Yamanoue, M. and K. Takahashi. 1988. Effect of paratropomyosin on the increase in sarcomere length of rigor-shortened skeletal muscles. *J. Biochem.*, 103, 843-847.

安藤正史. 1996. 魚類筋肉の死後における軟化機構に関する研究. 日水誌. 62. 555-558.

遠藤金次. 1989. 凍結点周辺の温度域における魚の貯藏. 日本食品工業學會誌, 36, 428-433.

畑江敬子・玉利朱美夏・宮永邦子・松本重一郎. 1985. 魚肉の物性の魚種間の差および鮮度低下による変化. 日水誌, 51(7), 1155-1161

福場博保・小林彰夫. 1991. 調味料・香辛料の事典. 朝倉書店, 44-60

岩本宗昭・山中英明. 1986. 天然ならびに養殖マダイにおける死後硬直の顯者な差異. 日水誌, 52(2), 275-279.

岩本宗昭・山中英明・阿部雄喜・渡部終五・橋本周久. 1990a. 二三海産魚における死後硬直の進行と貯藏温度の影響. 日水誌, 56(1), 93-99.

岩本宗昭・山中英明・渡部終五・橋本周久. 1990b. 天然および養殖ヒラメの死後硬直の進行の比較. 日水誌, 56(1), 101-104.

岩本宗昭・井岡 久・齊藤素子・山中英明. 1985. マダイの死後硬直と貯藏温度との關係. 日水誌, 51(3), 443-446.

橋 藤康・土居達也・槌本六良・鳥敏 雄・小倉理一・松清恵一・保田正人. 1988. 養殖マダイに對する遊泳運動の効果. 日水誌, 54(4), 677-681.

松本美鈴・山中英明. 1991. クルマエビの死後硬直に関する研究. 日水誌, 57(1), 2121-2126.

三上正辛・木下康宣・三浦弘之. 1990. 電気刺戟した牛肉における核酸關聯物質の變化について. 日畜會報, 64(4), 398~400.

三上正辛・木下康宣 1992a. 電気刺戟による食肉熟成(1) 畜産の研究, 16(12),1151~1154.

三上正辛・木下康宣 1992b. 電気刺戟による食肉熟成(2) 畜産の研究, 16(12),1267~1272.

岡弘康・大野一仁・二官順一 1990. 養殖ハマチの致死條件と冷蔵中における魚肉の硬さとの關係. 日水誌, 56(10), 1673~1678.

關 伸夫. 1986. 魚類筋原纖維タンパク質と生鮮度. 魚の低温貯藏と品質評價(小泉千秋 編). 恒星社厚生閣, 東京, 66-76.

杉本昌明. 1991. 輸送方法と品質. 魚類の死後硬直(山中英明 編). 水産學シリーズ 86. 恒星社厚生閣, 東京, 92-102.

須山 三千三・鴻巣章二. 1987. 水産食品學. 恒星社厚生閣, 80-94.

谷本信也・高橋周七. 1991. 杜仲投與養殖動物の食感とユラ-ゲン. 日農化, 65, 552.

豊原治彦・志水 寶. 1988. 魚體の死後硬直現象と魚肉の物性の關係. 日水誌, 54(10), 1795-1798.

安井 勉. 1982. 畜産とその肉質, 特にその物理的處理過程における變化. 北大農學部特定研究報告別刷.

제 3 장 횡감용 어육의 동결 및 해동조건

제 1 절 서 설

생선회 맛에 영향을 미치는 요인으로는 어종, 크기, 영양상태, 취급조건, 저장온도등 여러가지가 있으나, 특히 사후에는 저장온도가 가장 큰 영향을 미친다.

최근에는 사후경직을 이용하여 생선회의 맛을 증대시키는 방법 이외에, 동결후에 해동시켰을때에 발생하는 해동경직을 이용하고자 하는 연구가 일부 진행되고 있으며(Hatae et al., 1990), Yamanaka et al.(1978)은 사후경직과 해동경직은 수축도에서 큰 차이가 있으며, 해동경직이 사후경직에 비하여 수축이 강하게 일어난다고 하였다. 해동경직은 어육을 동결한후 해동시킬때 일어나는 현상으로, 이전 부터 알려져 있는 현상이지만 생선회에 응용하려는 연구는 전무한 실정이다. 田中 등(1984)은 동결 참치를 해동한 다음 ATP의 함량을 측정하여, 해동전에 ATP함량이 높은 참치육은 해동 속도에 비례하여 해동경직이 현저하다고 하였으며, 해동과정중에 수축현상을 억제하기 위해서는 $-5\sim-1^{\circ}\text{C}$ 의 온도대를 완만하게 통과시키면 된다고 하였다. 또한, 동결 잉어의 해동시에 근육의 파괴강도와 glycogen 함량 등이 변화하며 해동중에 glycolysis를 거쳐 ATP(adenosine 5'-triphosphate)가 생산되고, 유산의 함량이 증가한다고 보고하였다(Yamanaka et al., 1984). 해동경직의 정도는 동결조건, 해동조건, 선도와 치사방법 등이 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(尾藤, 1986; Ma et al., 1993). 특히, 해동경직에 있어서 경직의 에너지원으로 사용되는 ATP의 분해는 일반적으로 ATPase의 활성화 때문인 것으로 알려져 있다.

상기에서 언급한 요인들은 결국 생선회의 식감에 영향을 미치게 되며,

잇빨로 느끼는 생선회의 단단함은 어종이나 신선도에 따라 달라지며, 그리고 어육중의 결합조직의 주성분인 collagen의 함량 및 분포형태가 육질의 단단함과 높은 상관관계가 있음이 밝혀지고 있다(Ando et al., 1992).

육질의 단단함은 background toughness와 actomyosin toughness으로 나눌 수 있으며, 이들의 상호작용에 의하여 육질의 단단함이 결정된다고 볼 수 있다. 따라서, 어육을 동결한 후 해동시켰을때 일어나는 해동경적을 이용하여 actomyosin toughness를 최대한 상승시키면서 또한 background toughness가 감소되지 않는 동결온도 및 동결저장기간을 찾는다면, 생선회의 육질을 개선함과 동시에 생선회의 동결수송에도 응용할 수 있을 것이다.

따라서, 본장에서는 생선회를 동결 수송하기 위한 최적의 방법을 확립하기 위하여, 동결방법, 저장기간 및 해동방법이 생선회의 물리·화학적 그리고 조직학적인 변화에 미치는 영향에 대하여 검토하였다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 실험 재료

제 2장 2절과 동일한 방법으로 구입한 시료를 사용하였다.

2. 실험 방법

가. 동결방법

즉살한 넙치를 chunk형태로 절단하여 급속동결(액체질소 동결, -90°C 동결고 저장)과 완만동결(-15°C)로 각각 동결저장하였다.

나. 해동방법

해동방법은 0℃, 5℃, 10℃, 15℃, 25℃의 수도수 및 25℃의 공기로 해동하였으며, 수도수 해동시에는 근육에 물이 닿지 않도록 polyethylene film으로 싸인 후에, 육의 온도가 0℃에 도달할 때까지 해동시켜서 시료로 사용하였다.

다. 파괴강도의 측정

Ando et al.(1991a)의 방법에 따라서 Table 3-2-1과 같은 조건으로 측정하였다. 즉, 넙치육을 일정 크기로 자른 후에, 근섬유에 대하여 직각방향으로 절단하여, 5mm의 두께로 잘라서 육의 파괴강도를 측정하였다. 파괴강도의 값은 직경 10mm의 plunger를 사용하였으며, 속도 60mm/min때의 최고값을 나타내었다. 실험결과는 10~12회 측정하여 평균±표준편차(mean ± S.D.)로 나타내었다.

Table 3-2-1. Conditions for breaking strength profile measurement of plaice muscle

Instrument	Rheometer Model NRM-3010D, Fudoh Kogyo Co.
Sample thickness	0.5mm
Cylindrical plunger	10.0mm in diameter
Load cell	1,000g
Chart speed	6cm/min

라. ATP 관련물질 및 유리아미노산 정량 그리고 근육의 조직학적관찰
제 2장 2절과 동일한 방법으로 하였다.

마. 근원섬유의 조제

근원섬유는 Fig.3-2-1과 같이 Perry and Grey(1956)의 방법을 일부 개량하여 조제하였으며, 시료조제를 위한 모든 조작은 별도의 언급이 없는 한 4°C 이하에서 행하였다. 즉, 마쇄한 녀치의 보통육에 25mM KCl을 함유하는 39mM 붕산완충용액(pH 7.1)을 5배 가하여 균질화한 후에 600 ×g, 15분간 원심분리하였다. 침전물에 대하여 동일한 조작을 1회 반복한 다음, 침전물 상층부의 미세한 부분만을 취하여 4배량의 0.1M KCl을 함유하는 39mM 붕산완충용액(pH 7.1)에 현탁한 뒤에, 600 ×g, 15분간 원심분리하여 침전되는 결합조직을 제거하였다. 동일 조작을 3회 반복하여 결합조직을 완전히 제거한 후, 동일한 완충용액에 현탁하여 이것을 근원섬유로 하였다.

바. 근원섬유의 ATPase활성의 측정

근원섬유의 ATPase활성은 각종조건에서 측정하였는데, Mg^{2+} -ATPase활성은 5mM $MgCl_2$, 0.1M KCl, 20mM Tris-maleate(pH 7.0), 2mM ATP, 0.5mg myofibril/ml 및 0.25mM $CaCl_2$ 의 반응액으로 측정하였다. Ca^{2+} -ATPase활성은 25mM Tris-maleate(pH 7.0), 2mM ATP 및 0.5 mg myofibril/ml에 각각 5mM $CaCl_2$ 및 0.05M KCl을 첨가한 반응액에서 측정하였다. ATP를 가하여 반응이 시작된 때로부터 2분이 경과한 후 2ml씩을 취하여 15% TCA 1ml로 반응을 정지시켰다. 유리된 무기인산은 Fiske and Subbarow(1925)의 방법에 따라 측정하였으며, 인표준곡선으로부터 ATPase 활성으로 환산하였다.

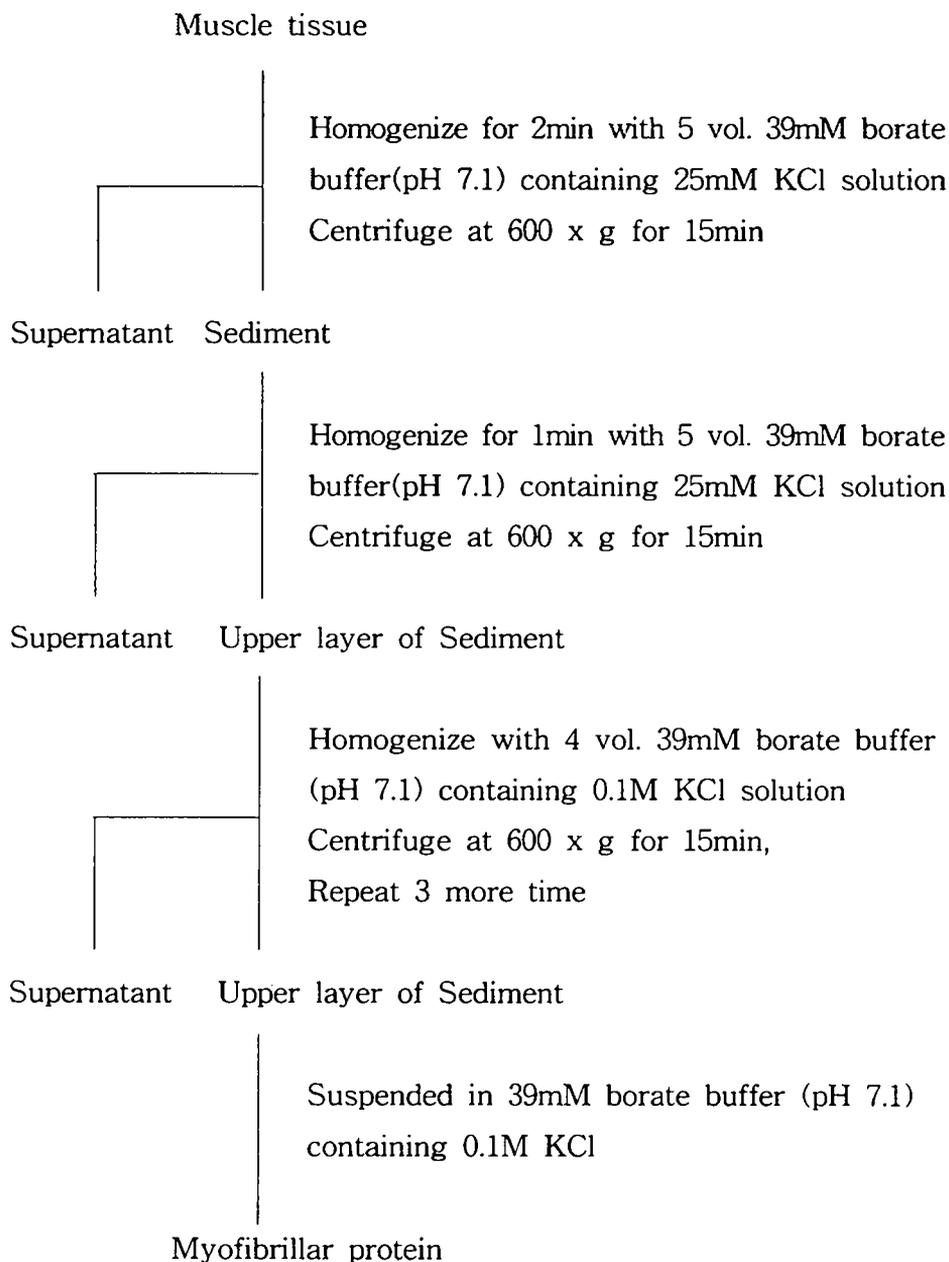


Fig.3-2-1. Preparation of myofibrils

사. 단백질 농도

단백질 농도는 biuret법으로 bovine serum albumin을 표준물질로 사용하여 측정하였다.

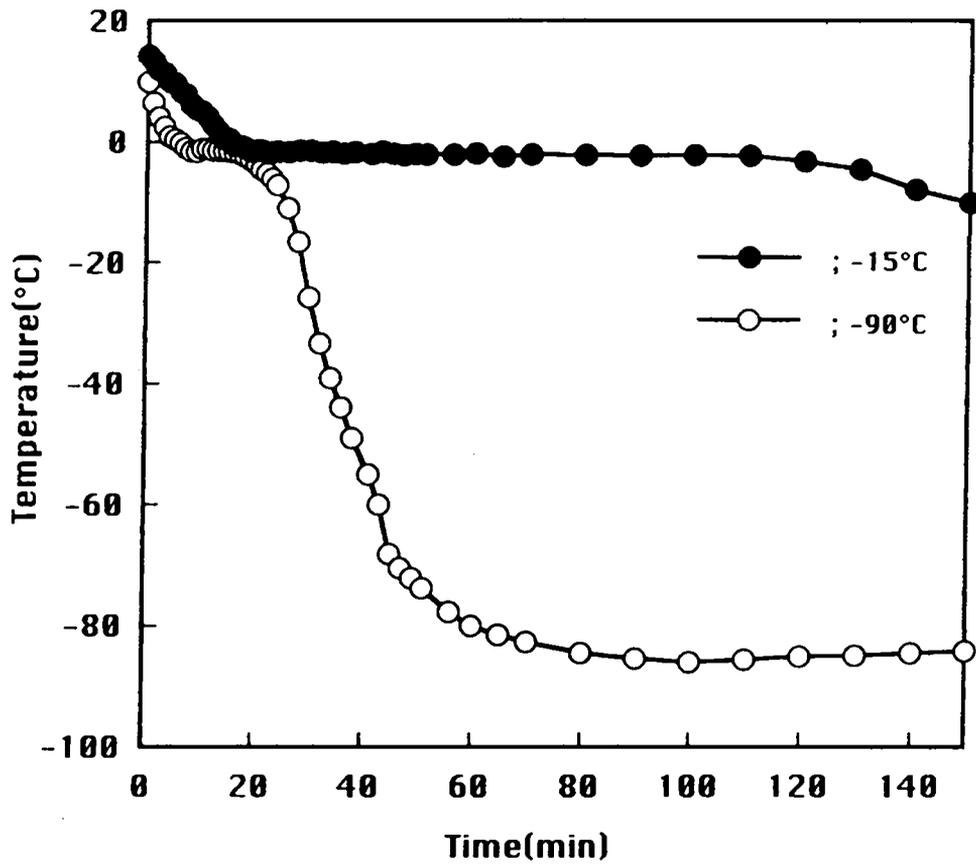
제 3 절 결과 및 고찰

1. 동결속도와 해동속도

식품이나 생체를 동결하면 품온이 저하하게 되며 동결의 진행은 외부에서 내부로 향하게 된다. 동결이 진행되는 동안에 시간의 경과에 따른 품온의 강하는 동결곡선으로 부터 알 수 있다. Fig.3-2-2는 육을 chunk 상태로 하여 급속동결(액체질소동결)과 완만동결(-15℃ 동결고) 하였을 때의 동결곡선을 나타내었다. 액체질소로 동결하였을 때는 최대빙결정 생성대 통과시간이 약 10분 이내 였으며 -15℃의 동결고에서는 115분이 걸렸다.

동결된 시료를 해동시에 물로 해동할 때는 polyethylene film으로 포장하여 물이 육에 닿지 않도록 하여 3ℓ의 수도수에서 해동하였으며, 공기해동은 film으로 싸서 25℃의 공기중에 그대로 방치하였다. 급속동결(액체질소동결 및 -90℃저장) 및 완만동결(-15℃)후에 각종 해동방법으로 해동시에 품온이 0℃까지 상승하는데 걸리는 시간은 Table 3-2-2와 같다. 품온 -90℃인 동결시료를 각종 방법으로 해동하였을 때에 0℃까지 해동에 소요되는 시간은 25℃의 공기, 25℃ 수도수, 15℃ 수도수, 10℃ 수도수, 5℃ 수도수 및 0℃ 빙수에서 각각 48, 13, 24, 35, 81 및 600분이 소요되었으나, 품온 -15℃인 동결시료는 각각 45, 11, 17, 31, 70 및 420분이 소요되었다.

또한, 최대 빙결정용해대를 통과하는 시간이 25℃의 공기로 해동한 경



**Fig. 3-2-2. Freezing curve of plaiice muscle by frozen temperature
Muscle size ; 30x 30x 10mm**

우, 품온 -90℃ 시료는 34.0분, 품온 -15℃ 시료는 37.5분이 소요되었으며, 25℃의 수도수로 해동하였을때에는 각각 9.5분, 8.0분이 경과되었다.

Table 3-2-2. Thawing time of frozen muscle by various thawing method

Thawing method	Thawing time(min)	
	-90℃ freezing	-15℃ freezing
25℃ air	48	45
25℃ tap water	13	11
15℃ tap water	24	17
10℃ tap water	35	31
5℃ tap water	81	70
0℃ tap water	600	420

Thawing time is from frozen temperature to 0℃

마찬가지로 15℃, 10℃, 5℃ 및 0℃의 수도수로 해동한 경우에는 품온 -90℃ 시료는 각각 17분, 28분, 69분, 560분이 소요되었으며, 품온 -15℃ 시료는 각각 14분, 27분, 66분, 406분이 소요되었다. 5℃ 이상의 해동온도에서 각각의 해동온도에 따라서 정도의 차이는 있었지만 해동경직 현상이 나타났다. 그러나, 0℃ 수도수로 해동하였을 때에는 해동경직 현상을 관찰되지 않았다. 이러한 결과는 Hatae et al.(1990)이 4℃에서 해동하였을때 해동경직은 일어나지 않았다고 보고한 내용과 일치하였으며, 해동속도에 따라서 경직의 정도에 큰 차이가 있는 것으로 판단된다.

2. 동결 및 해동속도에 따른 육의 파괴강도의 변화

육질의 단단함은 육의 결합조직의 대부분을 차지하고 있는 collagen matrix에 의하여 좌우되는 background toughness와 사후 근육중의 ATPase에 의한 ATP의 분해로 myosin과 actin의 결합에 의하여 형성되는 actomyosin 복합체에 의하여 발생된 actomyosin toughness로 나누어지며, 이들 두 요소의 강약에 따라서 결정되어진다. Cho and Lee(1994)는 background toughness는 사후 조기의 collagen matrix의 붕괴로 서서히 저하된다고 하였으며, 반면에 actomyosin toughness는 사후 조기에 ATP의 분해로 actomyosin 복합체가 형성되기 때문에 서서히 증가된다고 하였다. 또한 actomyosin 복합체의 형성은 사후 어육의 저장온도에 따라서 영향을 받으므로 생선회의 식감을 증대시키고자 이를 이용하기 위한 많은 연구가 진행되었다(Iwamoto et al., 1987, 1988; 김·조, 1992; 조·김, 1993). 특히, 이와 같이 온도의존성을 지니는 사후경직외에 해동경직을 이용하여 식감을 증대시키고자 하는 연구가 이루어지고 있다(Hatae et al., 1990).

어육의 사후에 동결에 의해 background toughness의 저하가 일어나지 않는 시점에서 해동경직에 의한 actomyosin toughness가 증가한다면 육질의 전체적인 toughness가 증가되어 식감이 증대되어질 것으로 판단된다. 따라서, 본 실험에서는 해동에 의한 actomyosin toughness의 상승조건을 찾기 위하여 동결 및 해동방법을 달리하였을 때에 육질의 toughness의 변화를 검토하였다.

넙치를 즉살하여 chunk상태로 전처리한 후에 급속동결(액체질소동결, -90°C 동결고 저장)과 완만동결(-15°C 동결저장)하여 3일 동안 저장한 다음, 해동방법을 달리하였을 때에 육의 파괴강도의 변화를 Fig. 3-2-3에 나타내었다. 즉살직후의 파괴강도는 $588.5 \pm 38.7\text{g}$ 이었으나, 25°C 수도수로 해동시에, 급속동결하여 -90°C 에서 저장한 육은 $722.5 \pm 12.8\text{g}$, -15°C 에 동결 저장한 육은 $670.5 \pm 33.7\text{g}$ 을 나타내어, 급속 및 저온저장한 시료의 해동

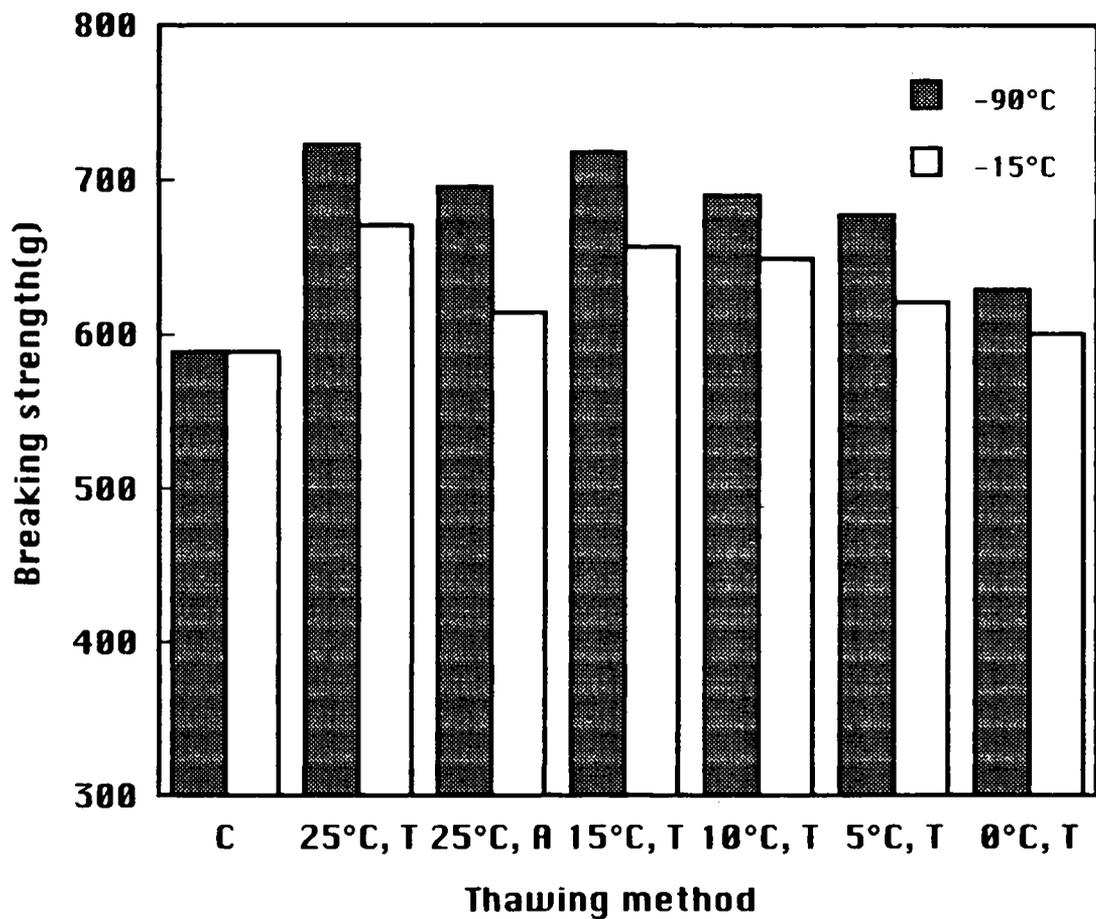


Fig. 3-2-3. Effect of thawing condition on breaking strength in frozen plaice dorsal muscle.

Abbreviation: C, unfrozen; T, tap water; A, air

경직 현상이 더 높게 나타났다. 그리고, 15°C의 수도수로 해동하였을 때는 급속동결 및 완만동결 저장한 것이 각각 $717.6 \pm 21.5g$, $656.5 \pm 18.9g$ 으로, 25°C에서 해동한 육과 비슷한 파괴강도 값을 나타내었다. 25°C의 공기중에 방치하여 해동한 육은 각각의 동결저장온도에서 $695.4 \pm 23.6g$, $613.7 \pm 26.5g$ 으로 25°C나 15°C의 수도수로 해동한 육보다 낮은 값을 나타내었다. 10°C와 5°C의 수도수로 해동한 것은 급속동결육은 $689.7 \pm 24.7g$ 과 $677.0 \pm 32.5g$ 을 나타내었으며, 완만동결육은 육은 $648.8 \pm 21.3g$ 과 $620.8 \pm 23.6g$ 을 나타내었다. 한편, 0°C의 빙수로 해동하였을 때는 급속동결과 완만동결 육이 $628.8 \pm 29.6g$ 과 $600.3 \pm 37.3g$ 으로, 즉살 직후 육의 파괴강도 값과 큰 차이를 나타내지 않았다.

각종 해동온도 및 해동매체를 달리하여 동결육을 해동하였을 때에, 파괴강도는 해동속도에 크게 영향을 받아, 급속해동한 어육의 파괴강도가 즉살 직후보다 많이 증대되었으며, 해동속도가 느릴수록 파괴강도의 증가폭은 낮은 경향을 나타내었다. 그러나, 25°C 수도수로 해동시에는 육의 파괴강도 값은 상승하지만 위축변형이 심하여 상품적인 가치가 저하하므로, 급격한 해동으로 인하여 위축변형을 일으키지 않고 파괴강도 값의 상승이 일어나는 15°C 수도수로 해동하는 것이 생선회의 식감상승에 기여한다고 생각되므로, 동결생선회의 최적의 해동조건은 15°C 수도수로 급속해동하는 것이 바람직한 것으로 판단된다. 한편, 넙치 근육을 fillet, chunk, slice의 형태로 처리하여 3일간 동결저장한 후에 15°C의 수도수로 해동하였을 때 파괴강도를 Fig. 3-2-4에 나타내었다. 즉살직후의 근육의 파괴강도가 $588.5 \pm 38.7g$ 였으며, 급속동결저장한 것은 처리형태별로 보면 fillet한 것은 $724.5 \pm 13.7g$ 이었으며 chunk나 slice한 것은 각각 $717.6 \pm 23.1g$, $710.4 \pm 17.5g$ 으로, 처리형태에 따라서 큰 차이를 나타내지 않았다. 그러나, 완만 동결저장한 것은 fillet, chunk, slice 한 것이 각각 $678.3 \pm 20.5g$, $670.5 \pm 26.5g$, $710.0 \pm 37.4g$ 으로, slice 형태로 동결한 것이 fillet,

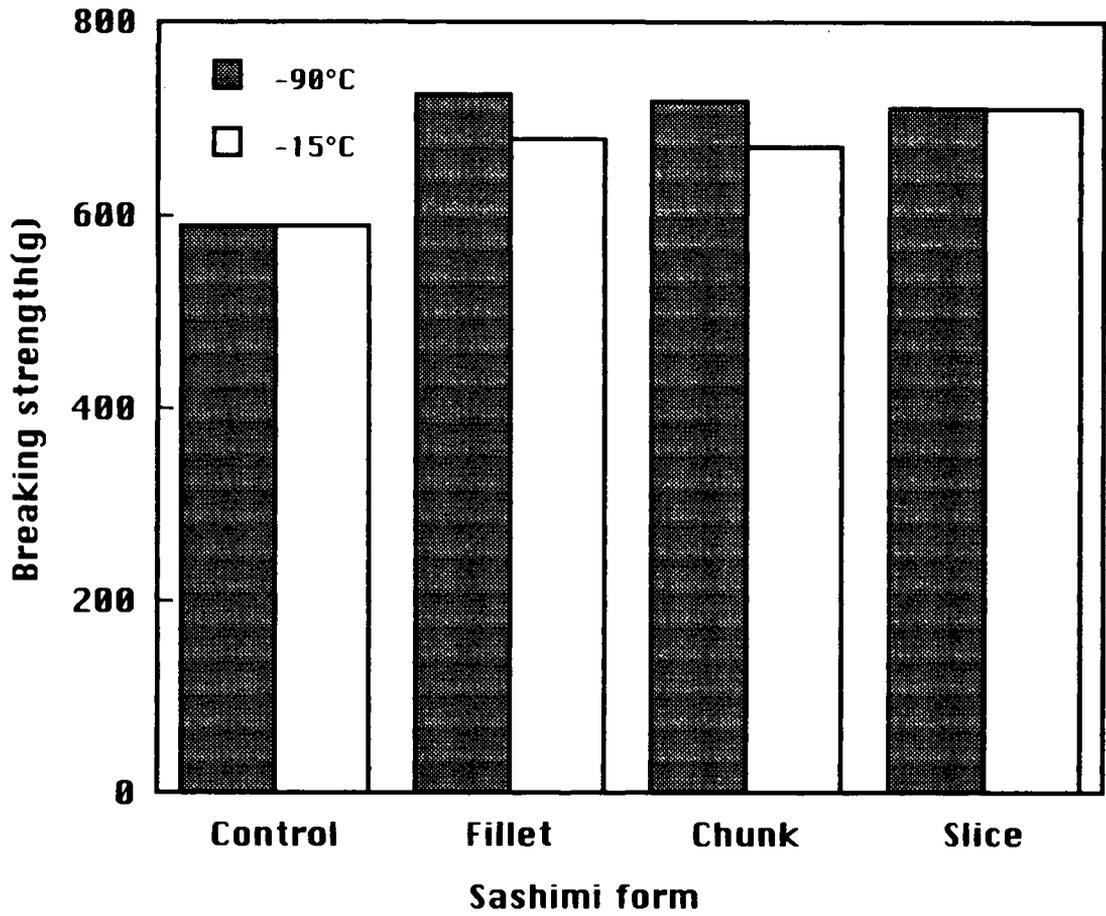


Fig. 3-2-4. Effect of sashimi form on breaking strength in frozen plaice dorsal muscle by 15°C tap water thawing.

chunk의 형태로 동결한 것 보다 약간 높은 파괴강도 값을 나타내었다. 이와 같은 결과는, slice 형태의 동결에 있어서는 근육의 두께가 얇아 -15°C 의 동결온도에서도 급속동결이 되었기 때문이라고 생각된다.

3. 동결 및 해동속도에 따른 ATP관련 물질들의 변화

사후 시간의 경과와 더불어 일어나는 사후 경직과 ATP함량의 관계는 어체가 살아있을 때의 상태, 치사조건, 저장온도등에 따라서 다르다고 보고하고 있지만(Iwamoto et al., 1987; Watabe et al., 1991; Boyd et al., 1984; Bito et al., 1983), 해동경직과 ATP함량은 이들 요인외에 동결속도와 해동속도에 의해서도 영향을 받는다(Yamanaka, 1984; ma et al., 1993). ATP의 감소가 진행되면 ATP는 ADP로 분해된 뒤에 각 단계마다 근육 내재성 각종 효소에 의하여 $\text{AMP} \rightarrow \text{IMP} \rightarrow \text{HxR} \rightarrow \text{Hx}$ 의 경로로 분해된다. 또한, ATP의 분해로 생성된 IMP는 유리아미노산인 glutamic acid와 함께 어육 중의 맛성분의 주체가 되며, 이들 성분들이 서로 상승작용을 일으켜 Umami(감칠맛)을 증대시킨다고 알려져 있다(Yamaguchi et al., 1968b; Yamaguchi and Takahashi, 1984). Nucleotide의 함량은 적색육 어류와 백색육 어류간에 큰 차이가 없이 대체로 $5\sim 10\mu\text{mole/g}$ 이며, 어육은 사후 ATP가 급격하게 감소하여 IMP가 증가한다고 알려져 있다.

넙치를 즉살하여 급속동결(액체질소동결, -90°C 저장)및 완만동결(-15°C 동결·저장)하여 3일간 저장후에 해동하였을 때에 해동속도에 따른 근육중의 ATP관련물질의 함량을 조사한 결과, 즉살 직후 넙치육의 ATP 함량은 $7.398\mu\text{mole/g}$ 으로 근육중의 전 ATP 관련물질의 86%를 차지하였으며, $\text{ADP}+\text{AMP}$ 는 $0.418\mu\text{mole/g}$, IMP는 $0.600\mu\text{mole/g}$, inosine(HxR)과 hypoxanthin(Hx)은 $0.184\mu\text{mole/g}$ 정도 검출되었다. 그리고, ATP 관련물질의 총량은 $8.6\mu\text{mole/g}$ 이었다. Fig. 3-2-5는 완만동결한 육의 해동속도에 따른 ATP 관련물질의 변화를 조사한 결과이다. ATP의 함량은 25°C 수도

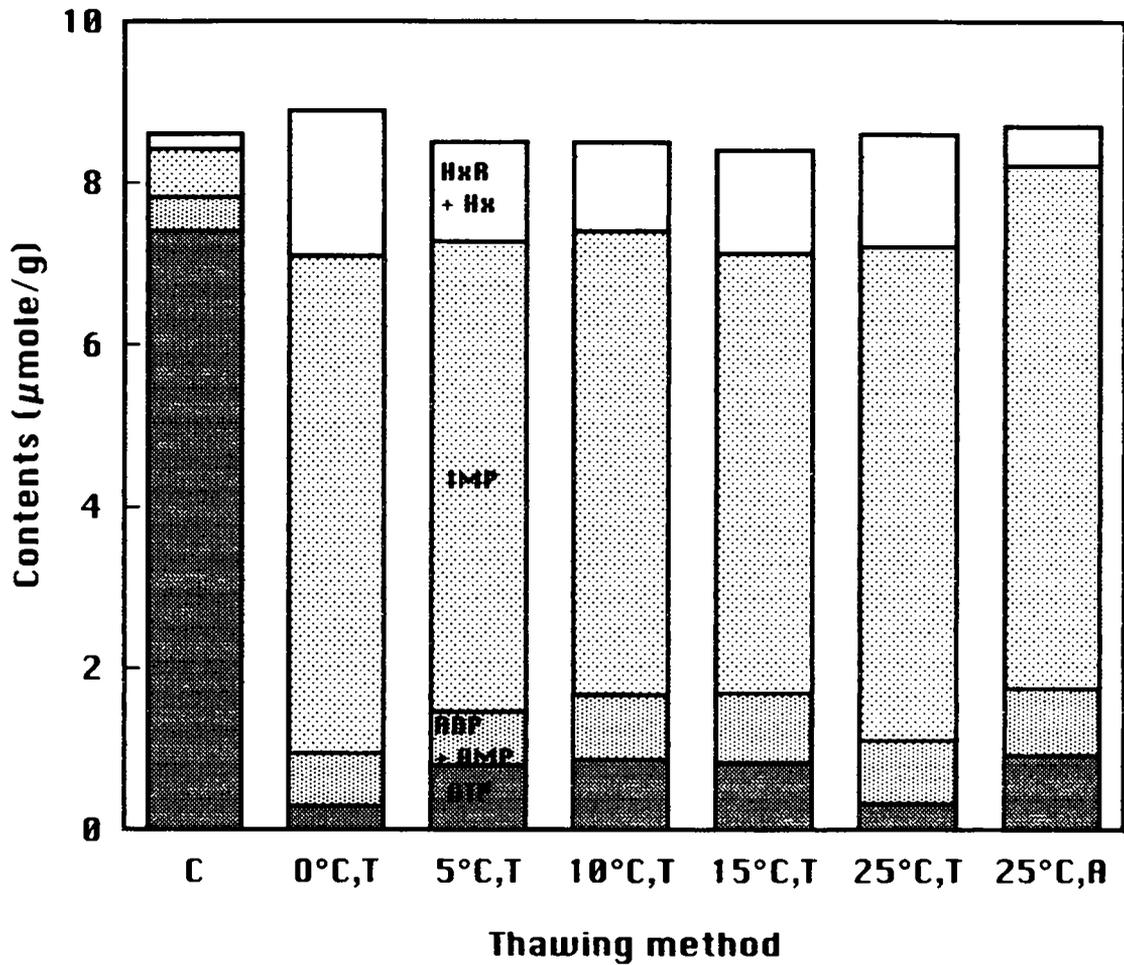


Fig.3-2-5. Changes in contents of ATP and its related compounds in frozen plaice muscle at -15°C with thawing condition. Abbreviation: C, unfrozen; T, tap water; A, air

수에 해동하였을때 0.920 μ mole/g으로 0 $^{\circ}$ C 수도수 0.295 μ mole/g에 비하여 다소 높은 값을 나타내었으나, 15 $^{\circ}$ C 및 10 $^{\circ}$ C 수도수와 25 $^{\circ}$ C 공기해동과는 거의 차이가 없었다. IMP는 해동후 급속한 증가를 보여 5.4~6.4 μ mole/g으로 ATP 관련물질의 대부분을 차지하였으며, 0 $^{\circ}$ C 수도수로 해동한 것은 inosine과 hypoxanthine이 1.794 μ mole/g으로 다른 해동구간에 비하여 높은 값을 나타내었다. 넵치육을 급속동결하여 3일간 저장후에 25 $^{\circ}$ C 수도수로 해동하였을 때는 ATP의 함량은 0.900 μ mole/g으로 0 $^{\circ}$ C나 5 $^{\circ}$ C 수도수로 해동한 것 보다 다소 높은 값을 나타내었다. 10 $^{\circ}$ C 수도수로 해동한 것은 ADP+AMP가 2.302 μ mole/g으로 다량 축적되었으며, IMP의 함량은 뚜렷한 경향을 나타내지는 않았으나 0 $^{\circ}$ C 해동구가 6.449 μ mole/g으로 가장 높았다. 그리고, ATP 관련물질의 총량은 8.080~8.600 μ mole/g 범위를 나타내었다(Fig. 3-2-6).

이상의 결과로부터, ATP함량의 변화는 뚜렷한 경향은 관찰되지 않지만 해동속도에 따라서 다소 차이를 나타내어, 급속해동한 것이 완만해동한 것에 비하여 ATP의 잔존량이 높았으며 동결속도에는 크게 영향을 받지않는 것으로 생각된다. Yamanaka(1984)는 동결속도에 따른 해동후의 ATP함량은 급속동결한 것이 완만동결한 것에 비하여 높다고 보고하였으나, 본 실험의 결과에서는 이와 다르게 뚜렷한 경향을 나타내지 않았다. Fig. 3-2-3에 나타낸 바와 같이 급속해동에 의한 근육의 파괴강도의 상승은 해동경직이 강하게 일어났음을 보여주고 있으며, 이는 해동경직의 에너지원으로 사용되는 ATP의 소모를 반드시 동반하게 된다. 0 $^{\circ}$ C 수도수 해동을 제외한 전 해동구간에서 해동시에 발생한 해동경직으로 인하여 ATP가 현저하게 소실되었음을 Fig. 3-2-5와 Fig. 3-2-6은 잘 나타내어 준다고 생각된다. 본 실험의 결과, 동결-해동에 의한 ATP의 분해는 동결에 의한 근소포체의 Ca^{2+} 수용능력의 차이로 근원섬유내 $Ca^{2+}(+Mg^{2+})$ -ATPase에 의한 ATP의 소실이며, 해동시 IMP의 다량 축적은 Bito et al.(1983)이 보고한 바와 같이, 저온에

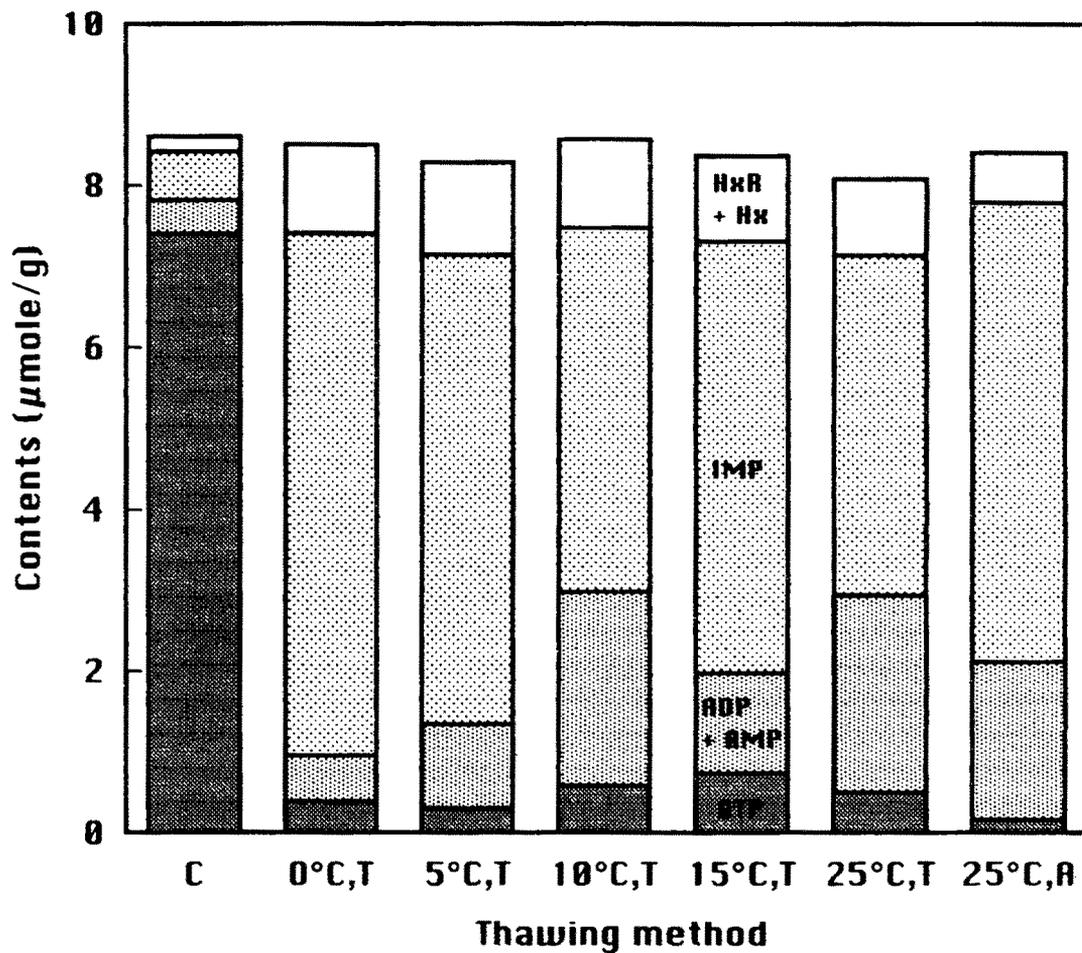


Fig.3-2-6. Changes in contents of ATP and its related compounds in frozen plaice muscle at -90°C with thawing condition. Abbreviation: C, unfrozen; T, tap water; A, air

서 AMP 탈아미노반응이 빠르게 진행되는 반면에 IMP의 탈인산화는 저온에서 지체되어 해동중 IMP의 축적이 촉진된다고 보아진다.

4. 동결 및 해동에 의한 유리아미노산의 변화

즉살한 넙치육을 급속동결(액체질소동결, -90°C 저장)과 완만동결(-15°C 동결·저장)하여 3일간 저장후에, 각각 0°C 와 15°C 에 해동하였을때의 육중의 유리 아미노산의 함량변화를 Table 3-2-3 및 Table 3-2-4에 나타내었다. 즉살직후의 유리 아미노산의 총량은 $67.9\text{mg}/100\text{g}$ 이었으며, 그 중에서 taurine의 함량이 $16.0\text{mg}/100\text{g}$ 으로 가장 많아 전체의 23.8%를 차지하였다. 그 다음으로 lysine, alanine, glutamic acid 등이 많아 각각 전체의 13.5%, 13.4%, 6.48%를 차지하였다. 급속동결후에 0°C 의 빙수와 15°C 의 수도수로 해동하였을때 유리 아미노산의 변화를 Table 3-2-3에 나타내었는데, 해동후 육중의 유리 아미노산의 총량은 감소되는 경향을 보였으며, 이러한 경향은 0°C 해동에 비하여 15°C 의 해동에서 더욱 현저하였다. 이러한 결과는, 해동시에 조직중에 생성된 빙결정이 조직으로 재흡수되지 못하고 drip으로 유출되었기 때문이라 생각되며, 완만해동에 비하여 급속해동의 경우가 더 현저한 것으로 판단된다. 또한, 총유리아미노산 중의 대부분을 차지하고 있는 taurine 및 aspartic acid, proline, histidine 등이 차지하는 비율은 감소되었으나, threonine, glycine, alanine, serine, cysteine 등은 증가되는 경향을 보였으며, arginine, lysine, tyrosine, methionine, valine 등은 거의 변화를 보이지 않았다. 한편, 완만동결한 넙치육을 15°C 의 수도수에 해동한 근육의 유리 아미노산 총량은 현저하게 감소하여 $15.3\text{mg}/100\text{g}$ 에 불과하였다 (Table 3-2-4). 그러나, lysine, cysteine, phenylalanine, histine의 함량은 큰 변화를 보이지 않았다.

이상의 결과와 같이, 어육을 급속동결한 것이 완만동결한 것에 비하여

Table 3-2-3. Changes of free amino acid in thawed plaice muscle after quick freezing

Free amino acids		Control	(mg/100g muscle)	
			quick freezing	
			0°C Thaw	10°C Thaw
Taurine	(Tau)	16.0(23.6)	0.6(1.33)	1.2(3.39)
Aspartic acid	(Asp)	2.6(3.83)	0.7(1.55)	0.0(0.0)
Threonine	(Thr)	2.9(4.27)	3.4(7.54)	3.8(10.7)
Serine	(Ser)	4.2(6.19)	4.5(9.98)	3.5(9.89)
Glutamic acid	(Glu)	4.4(6.48)	5.1(11.3)	1.3(3.67)
Glycine	(Gly)	2.2(3.24)	3.7(8.2)	4.1(11.6)
Alanine	(Ala)	9.1(13.4)	8.8(19.5)	9.2(26.0)
Cysteine	(Cys)	1.2(1.77)	1.2(2.66)	1.3(3.67)
Valine	(Val)	2.1(3.09)	2.2(4.88)	1.7(4.8)
Methionine	(Met)	0.8(1.18)	0.6(1.33)	0.3(0.85)
Isoleucine	(Ile)	0.6(0.88)	1.1(2.44)	0.7(1.98)
Leucine	(Leu)	1.0(1.47)	1.5(3.33)	0.9(2.54)
Tyrosine	(Tyr)	0.7(1.03)	0.6(1.33)	0.3(0.85)
Phenylalanine	(Phe)	2.3(3.39)	1.2(2.66)	0.7(1.98)
Lysine	(Lys)	9.2(13.5)	7.2(16.0)	4.0(11.3)
Histidine	(His)	2.1(3.09)	0.7(1.55)	0.2(0.56)
Arginine	(Arg)	2.3(3.39)	0.7(1.55)	1.2(3.39)
Proline	(Pro)	4.2(6.19)	1.3(2.88)	1.0(2.82)
Total		67.9(100.0)	45.1(100.0)	35.4(100.0)

Table 3-2-4. Changes of free amino acid in thawed plaice muscle after slow freezing

Free amino acids		Control	(mg/100g muscle)	
			slow freezing	
			0°C Thaw	10°C Thaw
Taurine	(Tau)	16.0(23.6)	3.6(9.25)	0.0(0.0)
Aspartic acid	(Asp)	2.6(3.83)	0.2(0.51)	0.0(0.0)
Threonine	(Thr)	2.9(4.27)	3.5(9.0)	0.0(0.0)
Serine	(Ser)	4.2(6.19)	3.5(9.0)	0.0(0.0)
Glutamic acid	(Glu)	4.4(6.48)	3.2(8.23)	0.0(0.0)
Glycine	(Gly)	2.2(3.24)	4.1(10.5)	0.0(0.0)
Alanine	(Ala)	9.1(13.4)	8.4(21.6)	0.0(0.0)
Cysteine	(Cys)	1.2(1.77)	1.4(3.6)	0.7(4.58)
Valine	(Val)	2.1(3.09)	1.7(4.37)	0.0(0.0)
Methionine	(Met)	0.8(1.18)	0.2(0.51)	0.0(0.0)
Isoleucine	(Ile)	0.6(0.88)	0.7(1.8)	0.0(0.0)
Leucine	(Leu)	1.0(1.47)	0.9(2.31)	0.0(0.0)
Tyrosine	(Tyr)	0.7(1.03)	0.3(0.7)	0.0(0.0)
Phenylalanine	(Phe)	2.3(3.39)	0.7(1.8)	0.2(1.31)
Lysine	(Lys)	9.2(13.5)	4.5(11.6)	10.8(70.6)
Histidine	(His)	2.1(3.09)	0.3(0.77)	3.6(23.5)
Arginine	(Arg)	2.3(3.39)	0.6(1.54)	0.0(0.0)
Proline	(Pro)	4.2(6.19)	1.1(2.83)	0.0(0.0)
Total		67.9(100.0)	38.9(100.0)	35.4(100.0)

잔존하는 유리 아미노산의 총량이 많음으로 볼때, 많은 수용성 아미노산들이 해동시에 유실됨을 알수 있었으며, 동결저장온도와 해동방법에 따라서 유리 아미노산의 함량에 차이를 나타낸다고 생각된다.

5. 동결 및 해동속도에 따른 근육의 조직학적 변화

어육의 사후연화기구에 대해서는 Z-선의 붕괴, actin과 myosin 결합의 약화, 근원섬유의 탄성단백질인 connectin의 분해 및 결합조직의 약화설 등으로 설명되고 있으나, 동결한 근육조직의 약화에는 동결에 의하여 육중에 생성된 빙결정에 의하여 근육이 물리적인 손상을 받아 취약화된다는 설이 있을 뿐이며, 해동방법에 따른 근육의 조직 변화는 규명되어 있지 않다.

근섬유와 근섬유는 주로 collagen matrix라고 불리는 세포외 matrix로 접착되어 있으며, 이들이 동결에 의하여 생성된 빙결정에 의하여 근육이 손상을 받을 것이라 생각된다. 또한, 해동속도를 달리하였을때 ATP의 분해로 actomyosin 복합체의 형성으로 인한 장력 때문에 근육이 해동시에 물리적으로 손상을 받을 수 있다.

즉살후에 급속동결(액체질소동결, -90°C 저장) 및 완만동결(-15°C 동결·저장)하여 3일 동안 저장한 어육을 각종 해동방법에 따라서 해동하여, 근섬유의 배열에 대하여 직각방향으로 절단한 육편을 만들어 근육의 표면조직을 광학현미경(LM)으로 관찰한 결과를 photo 3-2-1 및 3-2-2에 나타내었다. 근육의 표본조직을 광학현미경으로 관찰한 결과, 즉살직후에 있어서는 근섬유와 근섬유의 간격이 전혀 관찰되지 않았으며, 급속동결하여 25°C 의 공기나 15°C 수도수, 10°C 수도수, 5°C 수도수 및 0°C 빙수에 해동한 것도 근섬유의 간격이 거의 관찰되지 않았다. 한편, 25°C 수도수로 해동한 것은 근섬유간의 간격은 다른 해동구간에 비하여 큰차이는 없었으나 근섬유가 다소 부서러지는 경향을 나타내었다. 이런 현상은 급속한 해동으로 인하여

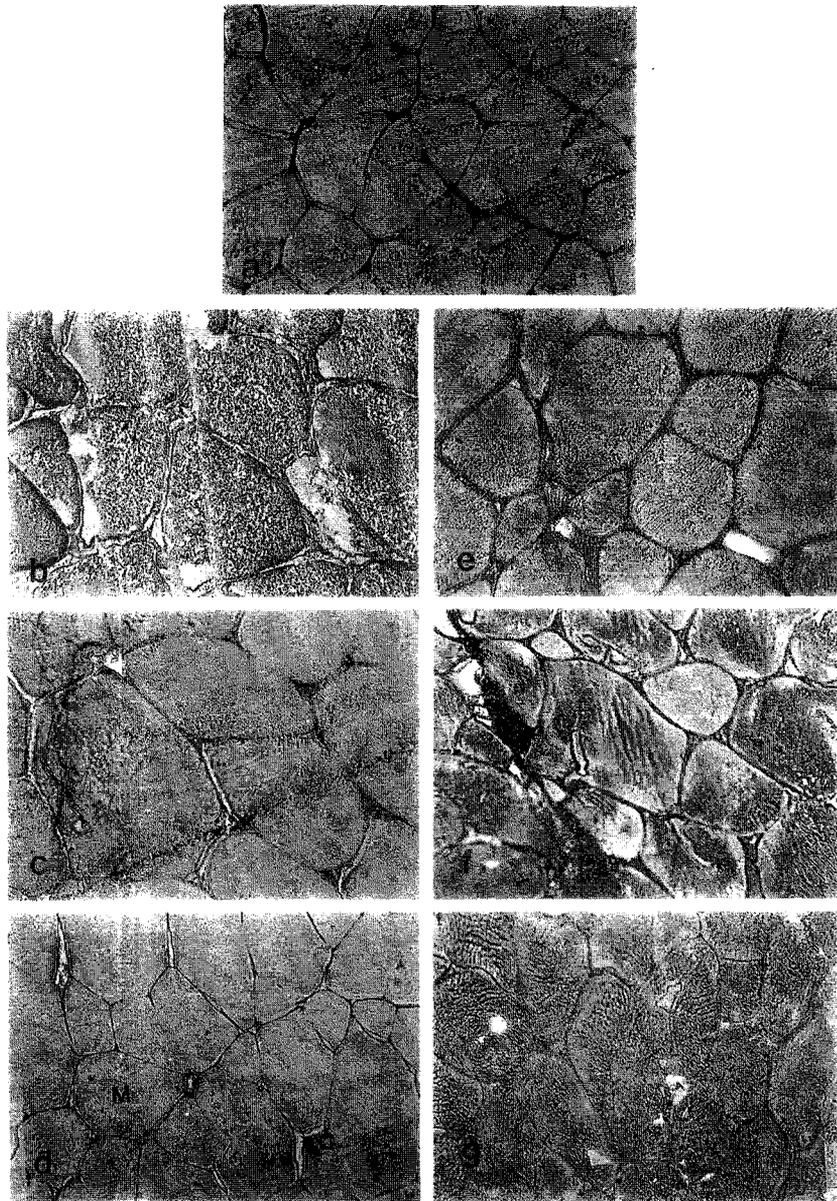


Photo. 3-2-1. Changes in histology of frozen plaice muscle at -90°C with thawing condition.

a : immediately after death

b : thawing 25°C tap water e : thawing 10°C tap water

c : thawing 25°C air f : thawing 5°C tap water

d : thawing 15°C tap water g : thawing 0°C tap water

C : extracellular matrix structure M : muscle fiber

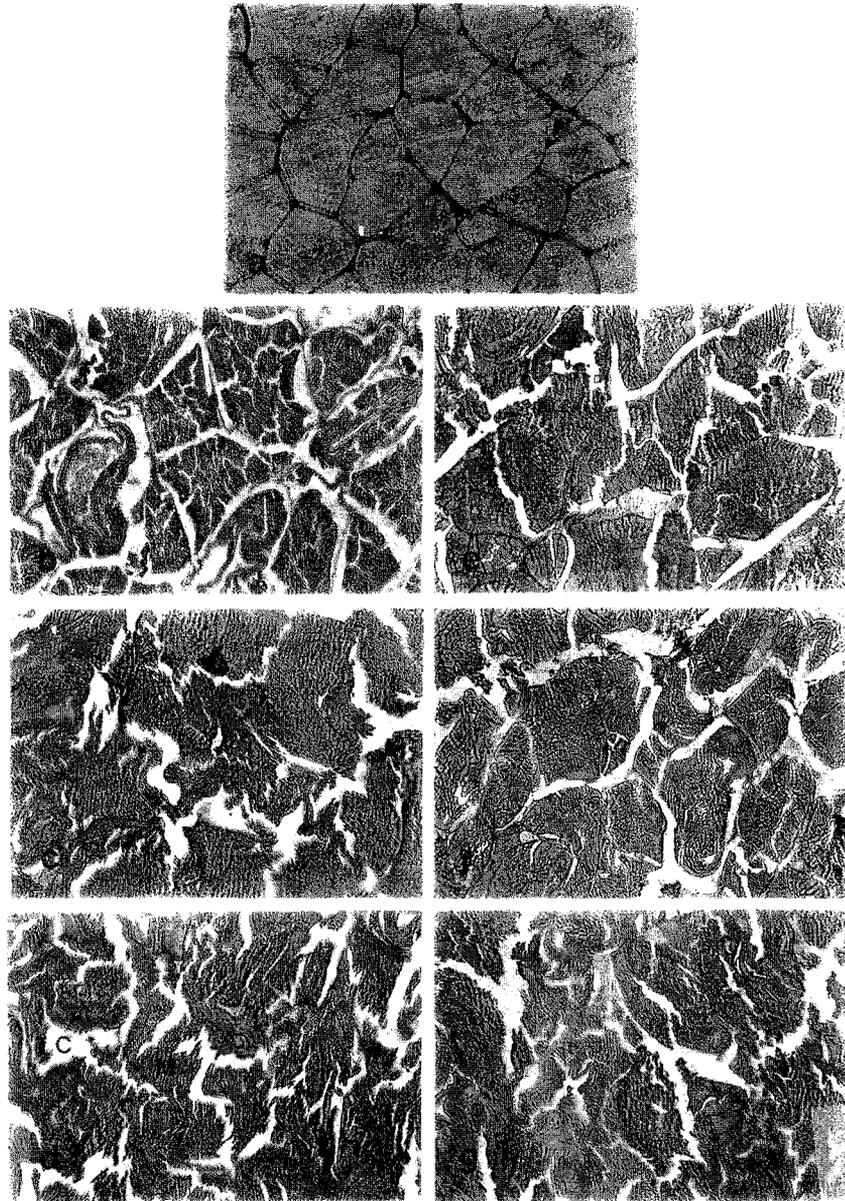


Photo. 3-2-2. Changes in histology of frozen plaice muscle at -15°C with thawing condition.

a : immediately after death

b : thawing 25°C tap water

e : thawing 10°C tap water

c : thawing 25°C air

f : thawing 5°C tap water

d : thawing 15°C tap water

g : thawing 0°C tap water

C : extracellular matrix structure M : muscle fiber

장력이 현저하게 일어나고 이 장력에 의하여 근섬유가 손상을 입었기 때문이라 생각된다. 한편, 완만동결하여 해동한 것은 근섬유간의 간격이 현저하게 관찰되었으며, 25의 수도수 해동구간을 제외한 시료에서는 근섬유간의 간격정도가 거의 비슷하였으나, 25℃ 수도수로 해동한 것은 근섬유간의 간격외에 근섬유 자체의 개열이 나타났다.

급속동결한 근육에 있어서 근섬유간의 간격이 많이 관찰되지 않는 것은 이 온도에서 3일 정도의 동결저장에 의하여 근섬유와 근섬유를 연결하는 세포의 collagen matrix의 손상은 크지 않음을 나타내는 것이며, 25℃ 수도수로 해동한 것은 해동시에 근육의 수축으로 의한 장력발생, 즉 actomyosin toughness가 현저하게 발생하여 근섬유가 손상을 입었기 때문이라고 여겨진다. 그러나, 최대 빙결정 생성대를 통과하는데 30분 이상의 시간이 소요된 -15℃에 동결한 근육은 근섬유간의 간격이 액체질소로 동결한 근육에 비하여 컷었는데, 이것은 완만동결에 의하여 생성된 빙결정이 근섬유에 물리적인 손상을 가했기 때문에 나타난 것으로 판단되며, 따라서 collagen 섬유의 취약화가 빨리 진행되었다고 생각된다.

이상의 결과로부터, 해동방법에 따른 파괴강도의 변화나 조직화적인 변화로부터 collagen 섬유를 파괴시키지 않고 actomyosin toughness를 최대로 증대시킬 수 있는 방법, 즉 근육을 급속동결하여 15℃ 부근의 수도수로 해동함으로써 생선회의 조직감을 증대시킬 수 있을 것이라 생각한다.

6. 동결방법에 따른 저장중에 근육의 파괴강도 변화

육질의 단단함은 생선회의 식감을 결정하는 중요한 요인으로 어육이 본래 갖고 있는 background toughness와 actomyosin 복합체에 의한 actomyosin toughness 2가지에 의하여 좌우된다. 앞에서 급속동결 및 완만동결시 해동속도를 달리 하였을때에 근육의 파괴강도는 차이를 나타내어,

급속해동시에 육의 파괴강도의 값이 높고 완만해동시에 낮은 결과를 얻었다(Fig.3-2-4). 이런 결과를 이용하여, 동결저장중에 background toughness가 저하하지 않는 시점에서 actomyosin toughness가 증가되는 기간을 알아낸다면 생선회맛의 저장수명을 획기적으로 연장시킬 수 있으리라고 생각한다.

넙치를 즉살한 후에 chunk상태로 급속동결(액체질소동결 및 -90°C 저장)과 완만동결(-15°C 동결·저장)하여 저장하면서, 저장기간에 따라서 15°C 의 수도수에 해동하여 파괴강도의 변화를 살펴보았다(Fig. 3-2-7). 즉살직후 근육의 파괴강도는 $551.7 \pm 50.3\text{g}$ 이었으며, 저장 1일후의 근육의 파괴강도는 급속동결한 것은 다소 증가하여 $656.6 \pm 47.4\text{g}$ 이었으며 완만동결한 것은 $582.7 \pm 36.7\text{g}$ 이었다. 그리고, 저장 3일후에는 각각 $715.6 \pm 22.1\text{g}$, $620.9 \pm 34.8\text{g}$ 으로 거의 최대값을 나타내어 7일동안 일정하게 유지되다가, 그 이후로 감소하는 경향을 나타내었다. 저장 30일째에는 현저하게 감소하여 각각 $650.5 \pm 37.5\text{g}$, $450.4 \pm 33.5\text{g}$ 을 나타내었다. 급속동결시에 대조구에 비하여 동결저장 초기의 파괴강도값은 크게 상승되는 경향을 보였는데, 이러한 결과는 collagen matrix의 손상이 일어나지 않는 시점에서 해동에 의하여 근육의 수축이 일어나서 actomyosin toughness가 상승한 때문이라고 판단된다. 또한, 전저장기간 동안에 급속동결한 근육의 파괴강도가 완만동결한 근육의 파괴강도보다 높게 나타났는데, 이러한 결과는 완만동결 과정에서 생성된 대형의 빙결정이 근섬유에 물리적인 손상을 가했기 때문에 background toughness가 감소되어 근육의 파괴강도값이 저하되었다고 생각된다.

이상의 결과로 부터, 급속동결하여 저온저장시에 7일까지는 생선회의 식감을 떨어뜨리지 않고 유지가능할 것으로 판단된다.

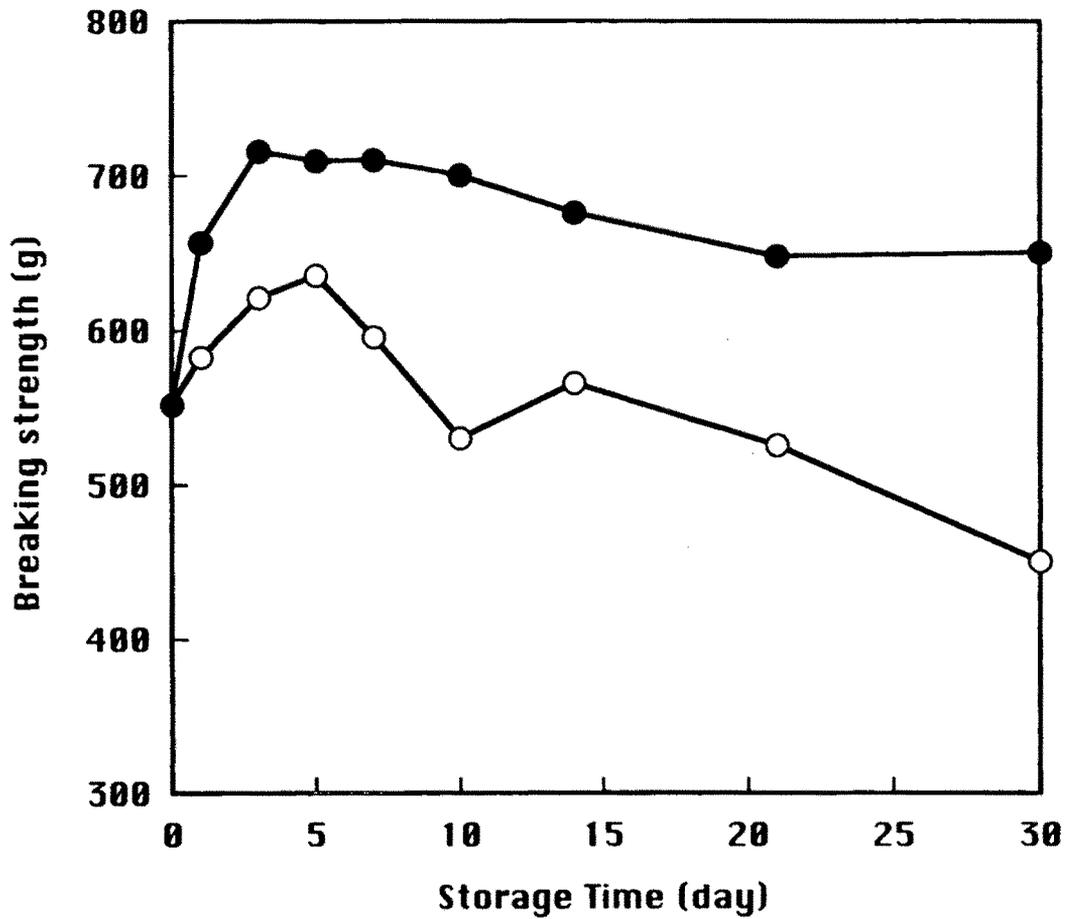


Fig. 3-2-7. Changes in breaking strength of plaiice muscle by 15°C tap water thawing during frozen storage.

- ; Quick freezing(NG freezing and -90°C storage)
- ; Slow freezing(-15°C freezing and storage)

7. 동결저장중에 근육의 ATPase활성의 변화

동결온도는 동결속도를 좌우하며, 넓치 근육을 급속동결과 완만동결하였을 때 조직내에 생성된 빙결정에 의하여 근섬유간의 개열이 진행되었으나, 파괴강도값은 증대하는 것으로 보아, 해동경직에 의한 actomyosin toughness가 육질의 단단함의 상승에 큰 영향을 미칠 것이다. 동결잉어를 해동하면 전단력, glycogen, lactate 및 ATP의 함량이 변화하며(山中 등, 1978; Yamanaka, 1984), Ma and Yamanaka(1991)는 동결한 잉어 근육을 18°C의 유수로 해동시켰을 때에 강한 수축이 일어났으며 ATP는 거의 소실되어 있었다고 하였다. 일반적으로, 사후경직에 있어서 ATP의 소실은 근원섬유의 ATPase의 활성화 때문이지만 해동경직중 ATPase의 활성화와 관련된 기구는 불분명하다. 살아있는 근육에서는 수축이 일어나기 위하여 골격근 세포를 감싸며 운동신경의 말단에 있는 운동종판이 신경말단으로부터의 자극에 의해 근소포체로 부터 Ca^{2+} 이온이 급격히 방출되어 일어나지만, 사후의 근육에서는 수축이 아무런 자극없이 일어나며 그 속도도 완만하고 비가역적인 점이 다르다. 이와 같이, 사후에 근육의 경직은 근육내부에서 일어나는 생화학적인 변화와 밀접한 관계가 있다. Fig. 3-2-8은 넓치 근육으로 부터 추출한 근원섬유의 ATPase 활성의 온도의존성을 나타낸 것이다. 반응온도의 증가로 $Mg^{2+}(+Ca^{2+})$ -ATPase 활성은 25°C에서 0.65 μ mole Pi/mg/min이었으며, 그 이상의 온도에서는 급속히 감소하였다. 또한 pH 의존성은 Fig. 3-2-9에 나타낸 바와 같이 pH 7.0에서 최대활성을 보였다.

Fig. 3-2-10은 동결저장기간에 따라서 근원섬유의 $Mg^{2+}(+Ca^{2+})$ -ATPase 활성의 변화를 나타내었다. 즉살 직후에는 $0.611 \pm 0.009 \mu$ mole Pi/mg/min였으나, 급속동결하여 1일 저장한 것은 $0.623 \pm 0.011 \mu$ mole Pi/mg/min으로 다소 상승하였으며, 저장 3일째에는 $0.654 \pm 0.030 \mu$ mole Pi/mg/min으로 최대활성을 나타내었고, 그 이후로 서서히 감소하여 저장 31일째에는 $0.526 \pm 0.011 \mu$ mole Pi/mg/min값을 나타내었다. 완만동결한 근육으로 부터 추출

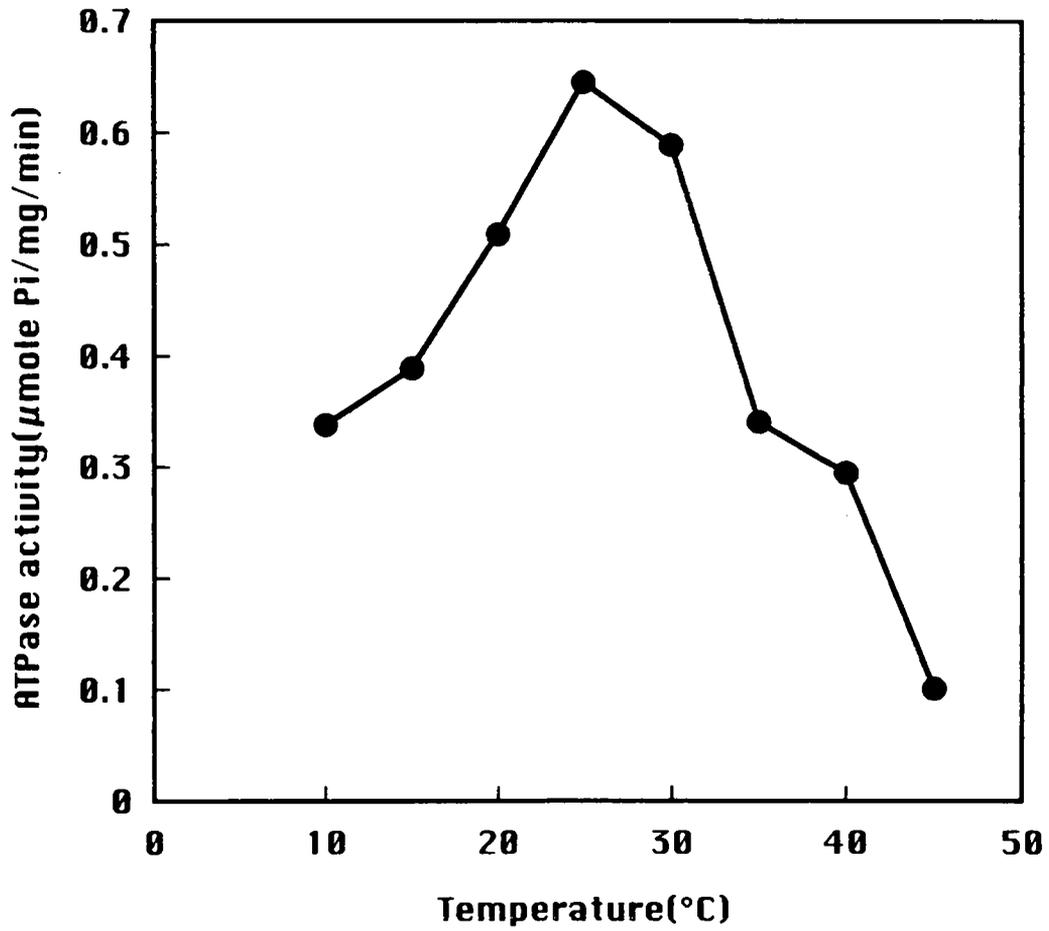


Fig. 3-2-8. Influence of temperature on palice myofibillar ATPase activity.

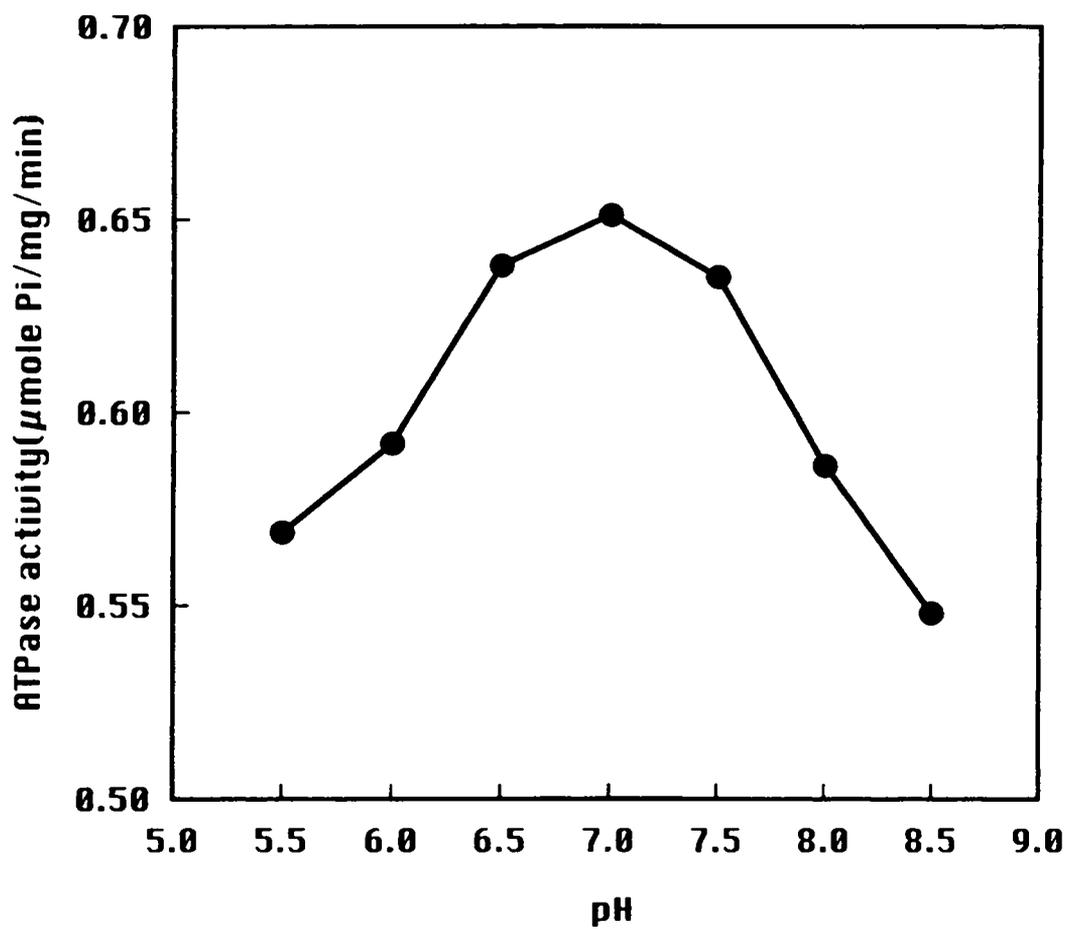


Fig. 3-2-9. Influence of on palice myofibillar ATPase activity

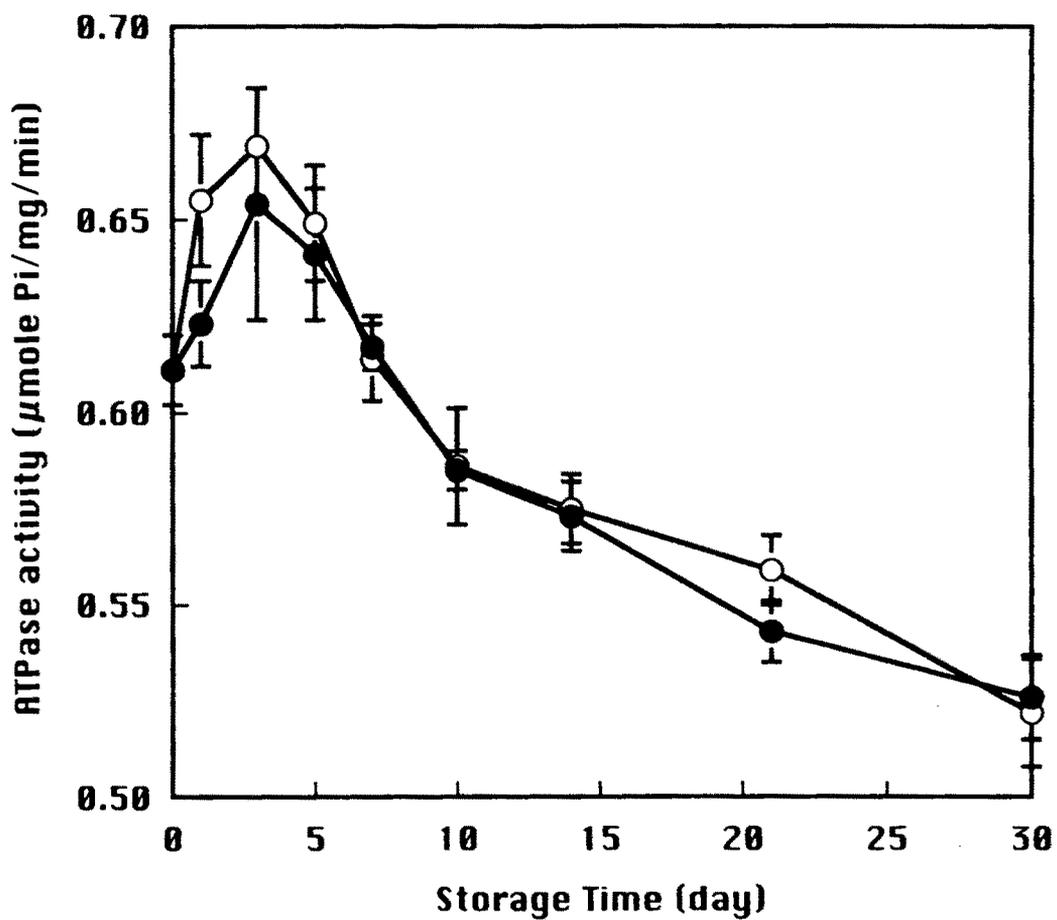


Fig. 3-2-10. Change in Mg(+Ca)-ATPase activity of plaice myofibril by 15°C tap water thawing during frozen storage.

- ; Quick freezing(NG freezing and -90°C storage)
- ; Slow freezing(-15°C freezing and storage)

한 근원섬유의 $Mg^{2+}(+Ca^{2+})$ -ATPase 활성은 저장 1일째에 $0.655 \pm 0.017 \mu$ mole Pi/mg/min이었으며, 저장 3일째에 $0.669 \pm 0.015 \mu$ mole Pi/mg/min으로 최대활성을 나타내었고, 그 이후로 감소하는 경향을 나타내어 31일이 경과하였을 때에는 $0.522 \pm 0.014 \mu$ mole Pi/mg/min을 나타내었다.

이와같이, 저장 7일이 경과할 때까지 급속 및 완만 동결한 근육 모두의 $Mg^{2+}(+Ca^{2+})$ -ATPase 활성은 즉살 직후의 근육과 비슷하거나 높은 경향을 나타내었으며, $Mg^{2+}(+Ca^{2+})$ -ATPase 활성만으로는 설명이 불가능하지만 저장 7일까지의 파괴강도가 즉살직후의 파괴강도 값에 비하여 높은 것과 상관관계가 크다고 볼 수 있다. 한편, 완만 동결한 근육의 $Mg^{2+}(+Ca^{2+})$ -ATPase 활성은 급속 동결한 근육에 비하여 높은 경향을 나타내었는데, 이는 완만동결시에 생성된 빙결정에 의하여 근소포체가 물리적인 손상을 받게되며 이것을 해동할때에 근소포체의 Ca^{2+} 이온이 대량으로 유출되어 Mg^{2+} -ATPase의 활성이 부활되었기 때문이라고 생각된다. $Mg^{2+}(+Ca^{2+})$ -ATPase 활성의 증가는 actomyosin toughness의 증대를 강하게 이끌어 내어 해동경직이 강하게 일어남을 시사하고 있다. 그러나, 완만 동결한 근육은 급속 동결하여 15°C의 수도수에 해동한 근육의 파괴강도보다 낮았는데(Fig.3-2-7), 이것은 완만 동결한 것이 급속 동결한 것에 비하여 동결저장중에 생성된 빙결정 때문에 근육중의 collagen matrix가 물리적으로 손상을 크게 받아서 background toughness가 현저하게 감소하였기 때문이라고 여겨진다(photo 3-2-1 및 photo 3-2-2).

어육을 동결저장하면 어육중의 단백질이 변성한다고 알려져 있는데, 이는 어육의 동결온도와 저장온도에 의하여 영향을 받는다고 보고되고 있다(福田 裕 등, 1981). Fukuda 등(1982)은 동결저장에 의하여 고등어의 근원섬유단백질이 변성된다고 하였으며, 오징어 actomyosin의 Ca^{2+} -ATPase활성은 동결저장중에 감소된다고 하였다(Sanae et al., 1981). Fig. 3-2-11은 넙치를 즉살한 후 동결속도와 동결저장기간에 따른 Ca^{2+} -ATPase 활성의 변

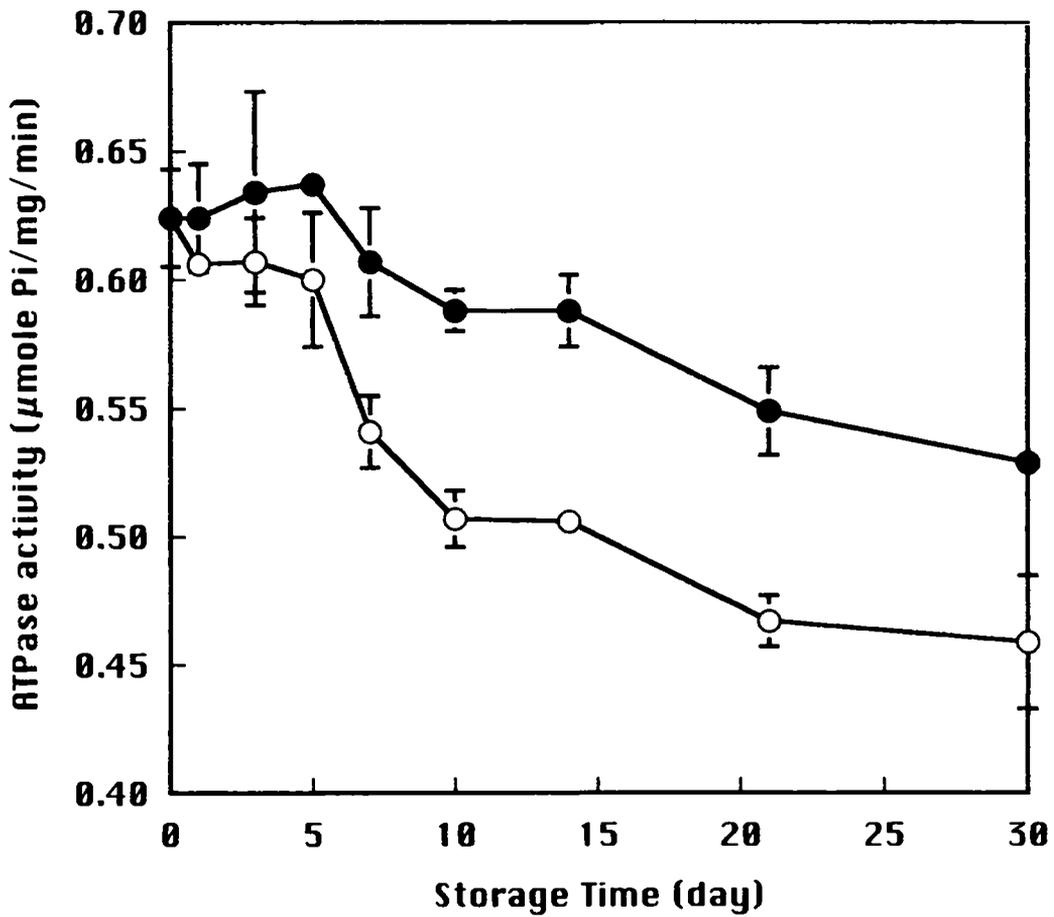


Fig. 3-2-11. Change in Ca-ATPase activity of plaice myofibril by 15°C tap water thawing during frozen storage

- ; Quick freezing(NG freezing and -90°C storage)
- ; Slow freezing(-15°C freezing and storage)

화를 나타내었다. 즉살직후에는 근원섬유의 Ca^{2+} -ATPase 활성이 $0.649 \pm 0.017 \mu\text{mole Pi/mg/min}$ 이었으나, 급속 동결하여 5일간 저장후에는 $0.621 \pm 0.035 \mu\text{mole Pi/mg/min}$ 였으며, 그 이후로 점차 저하되어 저장 10일째에는 $0.588 \pm 0.026 \mu\text{mole Pi/mg/min}$ 로 현저하게 감소되었고, 30일이 지난뒤에는 $0.543 \pm 0.019 \mu\text{mole Pi/mg/min}$ 값을 나타내었다. 한편, 완만동결에 있어서는 저장 5일후에 $0.592 \pm 0.021 \mu\text{mole Pi/mg/min}$ 로 급속동결에 비하여 Ca^{2+} -ATPase 활성의 저하속도가 현저하게 빨리 진행되는 경향을 보였으며, 저장 10일째에는 $0.499 \pm 0.031 \mu\text{mole Pi/mg/min}$ 이었고, 30일 후에는 $0.441 \pm 0.027 \mu\text{mole Pi/mg/min}$ 값을 나타내었다.

이상의 결과로 부터, 어육을 동결저장중에 저장기간이 길어질수록 근원섬유의 Ca^{2+} -ATPase 활성은 저하되었으며, 저하속도는 완만 동결저장한 것이 급속동결한 것에 비하여 빠르게 진행되어 동결저장온도가 높을수록 활성의 저하가 현저하다는 것을 알수 있었다. 이러한 결과는, 동결저장온도에 따라서 단백질의 변성속도가 다르다는 것을 나타내는 것이다.

8. 동결방법에 따른 동결저장중에 근육의 조직학적인 변화

동결저장한 후에 해동하였을 때에 일어나는 육질의 연화는 동결초기에는 거의 나타나지 않으나 동결저장 기간이 길어지면 발생하였는데, 이런 결과는 어떠한 원인에 의하여 근섬유를 연결하는 세포의 matrix의 물리적인 강도의 감소로 인하여 세포주변의 결합조직이 붕괴됨으로써 일어난다고 생각된다. Hallett and Bremner(1988)은 어육의 냉각 저장시에 발생하는 육질의 연화는 근세포 주변 결합조직 및 근격막과 근세포의 접속부에 존재하는 collagen matrix가 붕괴하기 때문이라고 하였으며, Ando 등(1992, 1993)은 간질성 결합조직은 유의한 변화를 보이지 않았다고 하였다.

Photo 3-2-3은 근육을 완만동결(-15°C) 저장하면서 근육의 표면조직을 관찰한 결과를 나타내었다. 완만동결저장(-15°C)하여 15°C 의 수도수로 해

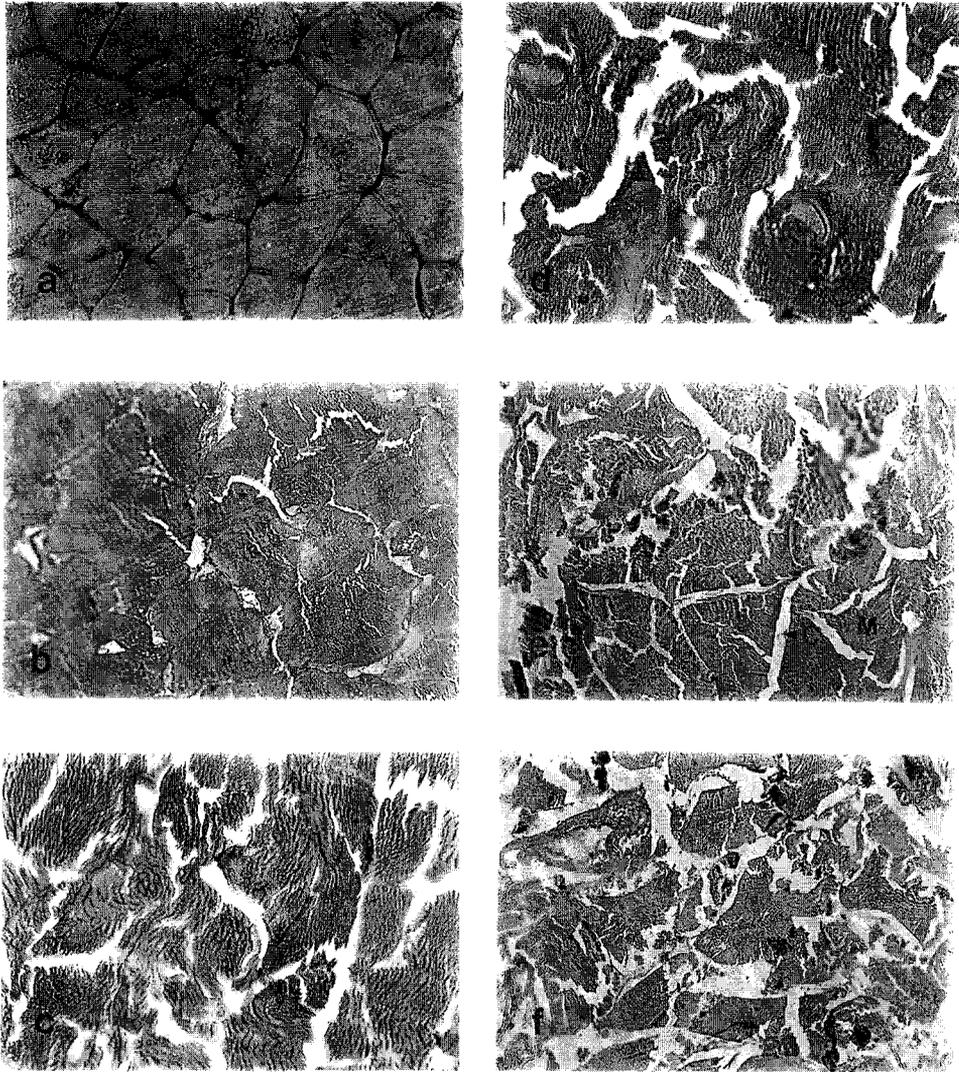


Photo. 3-2-3. Changes in histology of plaice muscle by 15°C tap water thawing during storage after slow freezing(-15°C).

a : immediately after death d : Storage for 7 day
b : Storage for 1 day e : Storage for 14 day
c : Storage for 3 day f : Storage for 30 day
C : extracellular matrix structure M : muscle fiber

동한 근육의 조직은, 저장 1일 후에는 세포사이에 약간의 균열 현상만 관찰되었지만 저장 3일 후에는 세포내의 근원섬유가 파열하여 세포내외의 구분이 불가능 하였다. 이러한 결과는, 완만동결에 의하여 생성된 대형의 빙결정이 근원섬유 뿐만 아니라 세포까지도 파열시킨 결과로 생각된다.

근육의 조직학적인 면에서 background toughness가 빠르게 저하함에도 불구하고 저장 5일경까지 파괴강도가 증대되었는데, 이러한 결과는 해동경직에 의하여 actomyosin toughness가 크게 증대되었음을 의미하고 있으며 근원섬유의 $Mg^{2+}(+Ca^{2+})$ -ATPase 활성이 증대되는 것과 밀접한 관계가 있다고 생각된다. 이러한 결과는, 완만 동결에 의하여 생성된 빙결정이 근소포체를 파괴하여 근소포체에 수용되어 있는 Ca^{2+} 이온이 대량으로 근세포내로 방출되어 근원섬유의 $Mg^{2+}(+Ca^{2+})$ -ATPase이 활성이 생성된 것으로 판단되며, 결과적으로 파괴강도의 상승을 유도하였다고 생각된다.

Photo 3-2-4는 넵치를 즉살한 후에 급속 동결하여 저장하면서 일정기간이 경과하였을 때에 15℃의 수도수로 해동한 근육의 구조를 광학현미경으로 관찰한 결과를 나타내고 있다. 즉살직후에는 근세포를 연결하고 있는 결합조직의 손상이 없었으며 1일 후에는 세포와 세포의 간격이 즉살직후보다는 벌어져 있었다. 그리고, 저장기간이 길어짐에 따라서 세포와 세포사이의 간격이 약간 더 벌어지는 현상이 관찰되었다. 한편, 세포내의 근원섬유의 변화는 완만동결시에 일어나는 현상 즉 파열현상이 약간 관찰되었다. 이러한 결과는, 급속동결에 의하여 小粒의 빙결정이 생성되므로 조직에 큰 변화는 나타나지 않은 것으로 판단된다. 상기의 근육의 조직학적인 변화는 앞에서 설명한 파괴강도의 변화, 근원섬유의 $Mg^{2+}(+Ca^{2+})$ -ATPase 활성과 밀접한 관계를 나타낸다고 볼수 있다. 즉, 동결 5일경 까지 근섬유간의 간격이 관찰되지 않는 것은 근세포를 연결하고 있는 근세포 주변결합조직인 세포의 matrix가 붕괴되지 않는 상태에서, 바꿔말하면 background toughness의 저하가 일어나지 않는 시점에서, 근수축의 증대로 인한

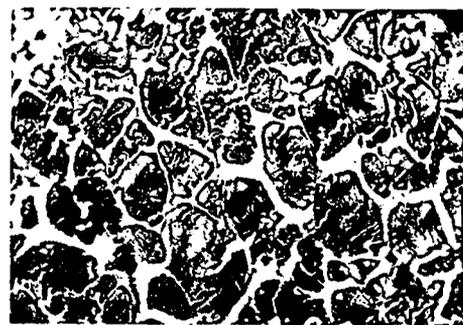
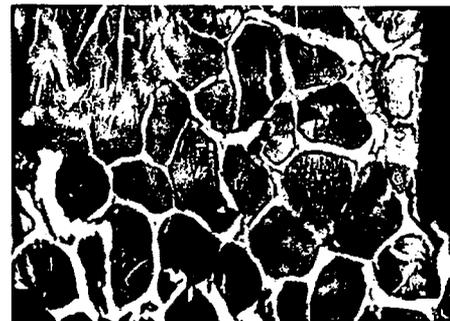


Photo. 3-2-4. Changes in histology of plaice muscle by 15°C tap water thawing during storage after quick freezing (NG freezing and -90°C storage).

a : Storage for 1 day

d : Storage for 7 day

b : Storage for 3 day

e : Storage for 14 day

c : Storage for 5 day

f : Storage for 30 day

C : extracellular matrix structure M : muscle fiber

actomyosin toughness가 증대되어 background toughness에 actomyosin toughness가 더하여 지기 때문에 전체적인 파괴강도값이 증대되었다고 생각되며, 그 이후에 background toughness가 저하함으로써 파괴강도가 서서히 저하되는 것으로 판단된다.

이상의 결과로 부터, 동결에 의하여 생성된 빙결정에 의하여 세포의 matrix가 크게 손상을 입지않는 동결온도와 동결기간, 즉 background toughness가 일정하게 유지되는 동결온도와 동결기간내에 생선회를 저장하면서 해동경직에 의하여 myosin과 actin에 결합에 의한 actomyosin toughness를 증대시킬 수 있다면, 육질의 상태도 양호하며 그 품질기간도 연장시킬 수 있을 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

Ando, M., H. Toyohara and M. Sakaguchi. 1992a. Post-mortem tenderization of rainbow trout muscle caused by disintegration of collagen fibers in the pericellular connective tissue. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 58, 567~570.

Ando, M., H. Toyohara, Y. Shimizu and M. Sakaguchi. 1991. Post-mortem tenderization of fish muscle proceeds independently resolution of rigor mortis. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 57, 1165~1169.

Ando, M., H. Toyohara, Y. Shimizu and M. Sakaguchi. 1993. Post-mortem tenderization of fish muscle due to weakening of pericellular connective tissue. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59, 1073~1076.

Barker, S. B., and W. H. Summerson. 1941. The colorimetric determination of lactic acid in biological material. *J. Biol. Chem.*, 138, 538~541.

Bito, M., K. Yamada, Y. Mikumo and K. Amano. 1983. Studies on the rigor mortis of fish- I. Difference in the mode of rigor mortis among some varieties of fish by modified Cutting's method. *bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*, 109, 89~94.

Bito, Masamichi. 1986. The influence of freshness of fish, freezing

temperature, thawing rates and thawing temperature on the thaw rigor. Bull. Tokai Reg. Fish Res. Lab., 119, 25~31.

Boyd, N. S., N. D. Willson, A. R. Jerrett and B. I. Hall. 1984. Effects of brain destruction on post harvest muscle metabolism in the fish kahawai. J. Food Sci., 49, 177~179.

Chang, C. M., T. Ohshima, S. Wada, and C. Koizumi. 1989. Influences of freeze-thawing process on the quality of mackerel during storage at -1°C. Nippon Suisan Gakkaishi, 55(12), 2129~2135.

Cho, Y. J. and K. W. Lee. 1994. Early changes after death of plaice, 5. Effect storage temperature on morphological changes of myofibrils and histological changes of muscle. Bull. Korean Fish. Soc., 27, 114~120.

Fiske, C. K. and Y. Subbarow. 1925. The colorimetric determination of phosphorous. J. Biol. Chem., 66, 375~400.

Fukuda, Y., Z. Tarakita, M. Kawamura, K. Kakehata and K. Arai. 1982. Denaturation of myofibrillar protein in chub mackerel during freezing and storage. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 48(11), 1627~1632.

Hallett, I. C. and A. Bremner. 1988. Fine structure of the myocommata-muscle fibre junction in hoki. J. Sci. Agric. Food Chem.,

44, 245~264.

Hatae, K., H. Sakamoto, A. Shimada, M. Matsumoto, H. Yamanaka, and S. Watabe. 1990. Physical properties of arai made by applying of thaw-rigor. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 56(12), 2113~2118.

Iwamoto, M., H. Yamanaka, H. Abe, H. Ushio, S. Watabe and K. Hashimoto. 1988. ATP and creatine phosphate breakdown in spiked plaice muscle during storage and activities of some enzymes involved. *J. Food Sci.*, 53, 1162~1165.

Iwamoto, M., H. Yamanaka, S. Watabe and K. Hashimoto. 1987. Effects of storage temperature on rigor-mortis and ATP degradation in plaice muscle. *J. Food Sci.*, 52, 1514~1517.

Kumano, Y., and N. Seki. 1993. Changes in α -connectin content during storage of iced, frozen, and thawed fish muscles. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59(3), 559~564.

Long Bin, Ma., H. Yamanaka, H. Ushio, and S. Watabe. 1992. Studies on the mechanism of the thaw rigor in carp. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 58(8), 1535~1540.

Long Bin, Ma., H. Yamanaka, S. Wada and R. Takai. 1993. Influences of death and thawing conditions on thaw-rigor on carp muscle. *Nippon*

Suisan Gakkaishi, 59(1), 145~150.

Long Bin, Ma., and H. Yamanaka. 1991. Studies on thaw-rigor in red sea bream and carp muscles. Nippon Suisan Gakkaishi, 57(7), 1365~1378.

Perry, S. V. and T. C. Grey. 1956. A study of the effects of substrate concentration and certain relaxing factors on the magnesium-activated myofibrillar adenosine triphosphatase. Biochem. J. 64, 184~192.

Sanae, M., M. Iguchi, T. Tsuchiya and J. J. Matsumoto. 1981. Studies on the freeze denaturation of squid actomyosin. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 47(11), 1499~1506.

Watabe, S., M. Kamal and K. hashimoto. 1991. Postmortem changes in ATP, creatine phosphate and lactate in sardin muscle. J. Food Sci., 56, 151~153.

Yamaguchi, S., T. YoshiKawa, S. Ikeda and T. Ninomiya. 1968b. Synergistic taste effect of some new ribonucleotide derivatives. Agric. Biol. Chem., 32, 797~802.

Yamaguchi, S., and C. takahashi. 1984. Hedonic function of monosodium glutamate and four basic taste substancee used at various concentration levels in single and complex systems. Agric. Biol. Chem., 48(4), 1077~1081.

Yamanaka and Hideaki. 1984. Influence of freezing rates on the extent of thaw rigor and glycolysis of carp muscle. Refrigeration, Vol 59(675), 11~16.

山中英明・中川西 剛・菊池武昭・天野慶之. 1978. コイの硬直に関する研究. 日水誌, 44(10), 1123~1126.

田中武夫・西脇興二・角田聖齊・富松隆夫. 1984. 일본냉동협회논문집 1, 71~82.

天野慶之・富谷章子・木下良雄・尊見みつる. 1952. 冷凍鯨肉の解凍硬直現象に関する研究. 南氷洋冷凍鮑鯨肉に関する研究報告. 南氷洋冷凍鮑鯨研究委員會. 235~256.

尾藤方通. 1978. 冷凍カツオ肉の保水性とpHとの関係. 日水誌, 44, 163~169.

尾藤方通. 1980. イワシ肉の凍結貯藏中におけるNAD,ATP分解と解凍肉のpHおよびドリップ量. 東海水研報, 103, 65~72.

彬本昌明. 1991. 輸送方法と品質. 魚類の死後硬直. 水産學シリーズ 86. 恒星社厚生閣, 東京, 92~102.

福田 裕・掛端甲一・新井健一. 1981. 凍結および貯藏による深海性魚類の筋原纖維タンパクの變性. 日水誌, 47(5), 663~672.

김육용·조영제. 1992. 넙치육의 사후조기변화. 1. 사후조기변화와 온도의존성의 관계. 한수지, 25(3), 189~196.

조영제·김육용. 1993. 넙치육의 사후조기변화. 2. 물리화학적 및 물성적 특성의 온도의존성. 한수지, 26(1), 1~7.

제 4장 활어의 저온·고밀도 수송분야

제 1절 서 설

최근 양식기술의 발달로 활어의 생산량이 계속 증가하고 있으며, 국민소득의 증대에 따라서 생선회(膾)의 소비가 급증함에 따라서 활어 수송방법의 신속, 대량화 기술개발의 필요성이 제기되고 있다. 현재 국내에서의 활어 수송방법은 중소형의 트럭(1톤, 2.5톤, 5톤)에 활어조 및 산소 봄베를 장착하여 산소를 공급해가면서 수송하는 방법이 일반적이며, 이때에 계절 및 어종에 따른 차이는 있지만 활어조내에는 대부분의 물(85%~90%)과 약간의 활어(15~20%)를 싣고서 수송하므로써 필요없는 대량의 물을 실어나르는 결과가 되어서 수송경비가 증대된다. 단, 수조장착 트럭에 의한 수송외에 일부 수출 및 내수용 대량수송의 경우 어창을 통하여 해수를 자연 순환시킬 수 있는 활어 운반선을 이용한 해상수송법이나 비닐봉지에 해수와 산소 및 활어를 함께 넣고서 단시간에 수송하는 항공 수송도 극히 일부지만 이루어지고 있으나, 수송밀도가 낮고 경비 부담이 크며 수송중에 폐사율이 높아서 일반화되지 못하고 있다.

활어수송시의 문제점은 수송도중 및 직후와 수송후 보관시의 폐사, 질병 발생 등을 들 수 있다. 川本(1978)는 활어가 廢死하는 원인에 대하여, 수송시 물의 동요에 의한 어체의 상호접촉, 水槽벽과의 충돌 등 물리적 충격과 CO₂농도증가, 탁도증가, pH증가 등 화학적 요인 및 수질오염에 의한 호흡빈도 증가, 삼투압 평형상실 등 생리학적 요인에 기인한다고 지적한 바 있다. 또한, Black(1957)은 수송수조내의 CO₂증가가 어체혈액의 pH저하를 유발하여 酸血病(acidosis)을 일으키며 이에 따라 혈액은 산소 섭취능력을 상실하게 되는데, 이것이 수송후 폐사의 원인이 된다고 보고하였다.

McFarland and Noris(1958)는 활어 수송중의 폐사 원인에 대하여 대사율의 증가 및 다른 요인들을 위험수준으로 끌어올리는 수온을 일차적인 문제로 지적하였으며, 산소결핍, 대사노폐물의 축적에 의한 수중 암모니아 독성의 증가, 호흡에 의한 CO₂의 농도증가 및 이에 따른 pH의 저하 등이 폐사 원인이라고 한 바 있다.

보통 어패류는 수온이 상승하게 되면 운동량이 많아지고, 대사가 왕성하게 되어 산소요구량이 증가하며, 이로 인한 대사물질의 축적은 수질오염은 초래하게 되어 폐사하기가 쉽다. 따라서, 수송밀도를 높이기 위해서는 수조의 온도를 생존 가능한 온도까지 저하시켜 어류의 대사를 억제하고, 운동량을 감소시킴으로서 배설물에 의한 수질오염이나 운동으로 인한 산소부족을 방지하는 것이 가능하다. Yoshikawa et al.(1989)은 잉어를 23℃에서 충분히 순응시켜 수온을 완만 또는 급강하에 의한 저온 마취효과를 이용하여 4℃에서는 5시간, 8~14℃에서는 24시간 생존가능함을 확인하였다. Takeda et al.(1989)은 참돔을 이용하여 수온을 당초 25℃에서 20℃까지 5℃저하시키는 실험을 수행하여, 수송밀도를 4배 이상 높일 수 있을 뿐 아니라 대사산물(암모니아, 아질산 등)도 1/2로 감소시킬수 있음을 확인한 바 있다.

어패류는 그 종류나 서식환경에 따라 생사를 구분하는 임계온도가 다르며, 또한 임계온도로 부터 빙결점까지의 온도영역, 즉 生態氷溫點은 환경온도에 크게 좌우된다. 생태 빙온점을 얼마나 빙결점에 가깝게 하느냐가 생체 장기보존의 관건이라 할 수 있다. 이와 관련하여, 일본 Totori현 소재 (株)永溫研究所의 山根(1990)는 어류에 내한성을 부여하여 빙온영역에서의 인공동면을 유도하여 무수상태에서의 활어수송법을 개발하였다고 널리 홍보한 바 있으나 아직까지 산업적 활용수준에는 미치지 못한 것으로 확인되고 있다. 이외에도 여러 가지의 아이디어에 의한 활어류 수송방법이나 장치에 관한 특허가 일본을 중심으로 등록된 바 있으나 아직까지 상업

적 실용성을 인정받지는 못한 실정이다.

국내에서는 한국식품개발연구원에서 온도강하 속도를 조절하여 활어를 동면 상태에 이르게 하고 무수상태로 수송한 후에 온도상승 속도를 조절하여 본래상태로 회복시키는 방법에 대한 연구를 하여 활어의 무수수송방법의 실용화를 시도하고 있으나, 온도상승 및 강하에 따른 시설 그리고 어종의 제한 등의 문제점을 안고 있다.

활어류 유통경비는 보통 활어가격의 15~20% 수준을 상회하는 것으로 알려지고 있으며, 생산지로부터 소비지 도매시장까지의 유통경비중에 수송경비의 비중이 가장 큰 점을 고려할 때 유통비용 절감을 위해서는 현행의 활어 수송방법에서 어류의 수송밀도를 가급적 높이는 방법만이 근본적 대책이 될 수 있다.

어류 수송 밀도를 증대시키기 위해서는, 활어조의 온도를 저하시켜서 활어의 운동량등을 줄여 수송밀도를 높일 수가 있으므로, 활어의 저온고밀도 수송의 가능성은 높다. 그러나, 활어수송차에 냉각장치 설치의 기술적인 문제 뿐만 아니라 설비비의 부담 때문에 실용화되지 못하고 있는 실정이다. 따라서, 본장에서는 활어의 저온고밀도 수송의 장치 개발을 위한 기초 연구로, 활어를 저온고밀도로 수송하기 위한 최적온도 및 수송밀도를 조사하기 위하여, 저온고밀도 수송용에 활어의 생리 생태학적 변화에 대하여 실험하였다. 시료로는 Table 1-1-1에서와 같이 양식어류의 대부분을 차지하고 있으며 헛감으로 선호도가 높은 넙치와 우럭을 사용하였다.

제2절 활어의 저온수송을 위한 최적조건의 결정

일반적으로 생명체는 주위 환경온도가 상승하게 되면 운동량 및 대사량

이 늘어나게 되어 산소요구량이 증가하며, 이로 인한 대사 물질의 축적은 수질오염을 초래하게되어 치사하게 된다. 따라서, 수송밀도를 높이기 위해서는 수조내의 온도를 활어가 생존가능한 온도까지 저하시켜서, 어류의 대사를 억제하고 운동량을 감소시키므로써 배설물에 의한 수질오염이나 운동으로 인한 산소 부족을 방지 가능하므로 치사율이 적게 된다.

본 절에서는 활어를 저온·고밀도로 대량 수송하기 위한 최적의 온도를 찾기 위하여 저장 온도에 따른 산소소비량 그리고 대사생성물인 암모니아 생성량에 대하여 실험하였다. 그리고, 활어를 저온·대량수송시에 서식수온에서 저온의 수송온도와의 온도차이, 그리고 수송후에 상온의 해수온도와의 온도차가 활어의 치사 그리고 stress에 미치는 영향에 대하여도 실험하였다.

1. 재료 및 방법

가. 재료

넙치(placie : 체중 600 ~ 700g)를 신흥수산(부산시 기장군 소재)에서 활어 상태로 실험실로 운반하여 상온의 해수에서 약 6시간 피로를 회복시킨 후에 시료로 사용하였다.

나. 저장온도에 따른 용존 산소량의 변화

일정온도(0℃, 3℃, 5℃, 7℃, 10℃, 15℃)로 조정된 해수가 담긴 용기에 시료를 넣고서 밀폐상태로 저장하면서 해수중의 용존산소량의 변화를 D.O. meter (model DO-14P, TOA Electromics Ltd., Japan)를 사용하여 경시적으로 측정하였다.

다. 저장온도에 따른 암모니아 생성량의 변화

암모니아 생성량의 측정은 Solofzano법(1969)에 따라서 측정하였다. 즉, 암모늄이온(NH_4^+-N)이 알카리성에서 페놀과 반응하여 청색의 indophenol 이 생성되는데 이를 640nm에서 흡광도를 측정하였다.

라. 온도차의 영향

저온·고밀도 수송온도를 10℃로 하고 상온에서 수송온도로 그리고 저온의 수송온도에서 약 18시간 저장 후에 상온수에 활어를 바로 침지할 때에 활어의 치사 및 stress에 미치는 정도를 외형의 관찰 그리고 치사유무로서 조사하였다.

2. 결과 및 고찰

가. 저장온도별에 따른 용존 산소량의 변화

생명체가 생명을 유지하기 위해서는 항상 일정량의 산소를 섭취해야 하며 활어도 동일하다. 해수중의 용존 산소량은 수온등에 따라서 다르지만 5~8ppm 정도이며, 산소부족현상이 일어나면 활어는 질식사하여 치사하게 되며, 고온보다 저온 쪽이 치사율이 낮다. 또, 어종별로는 담수어보다 해수어 쪽이 높은 잔존산소량을 요구한다. 그리고, 수온이 높을 때, 성장이 왕성한 시기, 산란기, 수송직후 등에서는 산소소비량이 높으며 질식시의 잔존산소량은 더 높은 것이 일반적이다. 어종에 따른 산소소비량은 은어가 높고, 잉어 및 붕어는 낮다. 또, 정어리등의 회유어는 가장 높으며, 북어, 도미 등의 저서어는 낮는데 이것은 운동성과 관계가 있다. 산소소비량은 어체의 크기에 따라서도 차이가 있으며 치어는 송어보다 소비량이 많다.

1) 넙치의 저장온도별에 따른 산소 소비량의 변화

넙치의 수용밀도를 10%(100g/1000ml)로 하여 폭기시키지 않고 각종 온도

(0℃, 3℃, 5℃, 7℃, 10℃, 15℃)에 저장하면서, 해수중의 용존산소량의 변화와 용존산소량 감소의 온도의존성을 Fig. 4-2-1 및 Fig. 4-2-2에 나타내었다.

저장직후에 용존산소량이 8~9ppm이었던 것이 저장초기에 감소가 빨랐으며, 저장 온도가 높을수록 빨리 감소하였다. 15℃, 10℃, 7℃, 5℃ 저장에서는 용존산소량이 1ppm부근까지 저하하였으며, 이 값에 도달한 얼마후에 치사하였다. 즉, 15℃에서는 170분, 10℃에서는 240분, 7℃에서는 260분, 5℃에서는 430분 후에 용존산소량이 1ppm부근에 도달하였다. 한편, 3℃ 및 0℃ 저장에서는 치사때까지 용존산소량이 1ppm까지 내려가지 않았다. 그리고, 각종 온도에서 치사시간은 15℃에서는 360분 10℃에서는 470분, 7℃에서는 520분, 5℃에서는 590분 후에 치사하였다. 한편, 3℃ 저장에서는 D.O.값이 약 2.3ppm까지 저하하였을 때인 520분후에 치사하였고, 0℃에서는 D.O.값의 저하가 거의 관찰되지 않았으나 저장 140분 후에 치사하였다. 이와같이, 0℃저장에서 용존산소량의 저하가 거의 관찰되지 않지만 치사시간이 가장 짧은 결과는 저온쇼크에 의한 치사로 생각되며, 3℃에서도 어느 정도의 저온 쇼크를 받는 것으로 판단된다. 한편, 5℃ 이상의 저장에서의 용존산소 감소는 온도의존성을 나타내었다.

그리고, 용존산소 감소 속도상수는 15℃에서는 0.0466min^{-1} , 10℃에서는 0.0304min^{-1} , 7℃에서는 0.0298min^{-1} , 3℃에서는 0.0159min^{-1} , 0℃는 0.0150min^{-1} 이었다. 또 5~15℃ 영역에서의 Q_{10} -value는 2.23이었으며, E_a 는 -12.475cal/mole 이었다.

2) 우럭의 저장온도별에 따른 산소 소비량의 변화

넙치와 같은 조건으로 각종 온도에 저장하면서 해수 중의 용존산소량의 변화와 용존산소량 감소의 온도의존성을 Fig. 4-2-3, Fig.4-2-4에 나타내었다. 우럭도 넙치와 유사한 온도의존성을 나타내었으나, 용존산소 감소

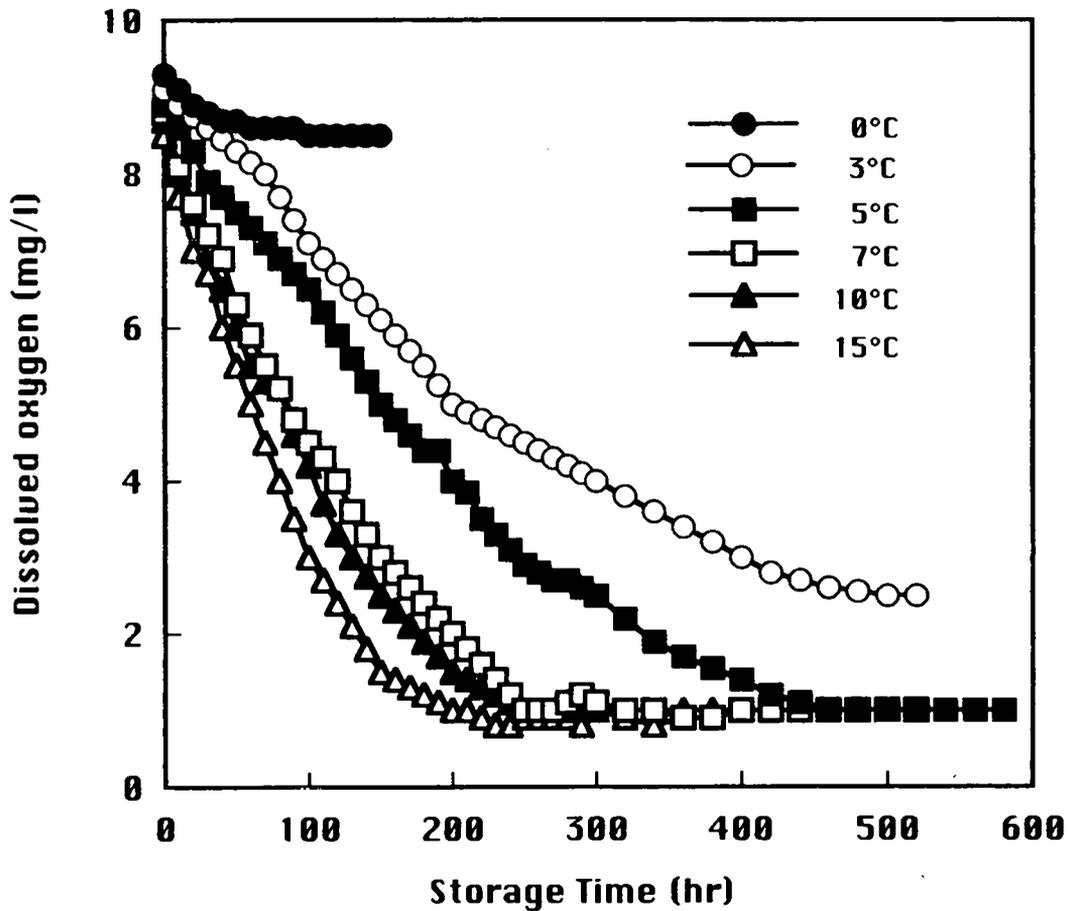


Fig.4-2-1. Changes on dissolved oxygen in seawater with non-aeration during storage at various temperature. The density of plaice in sea water is 100g/1000ml(10%)

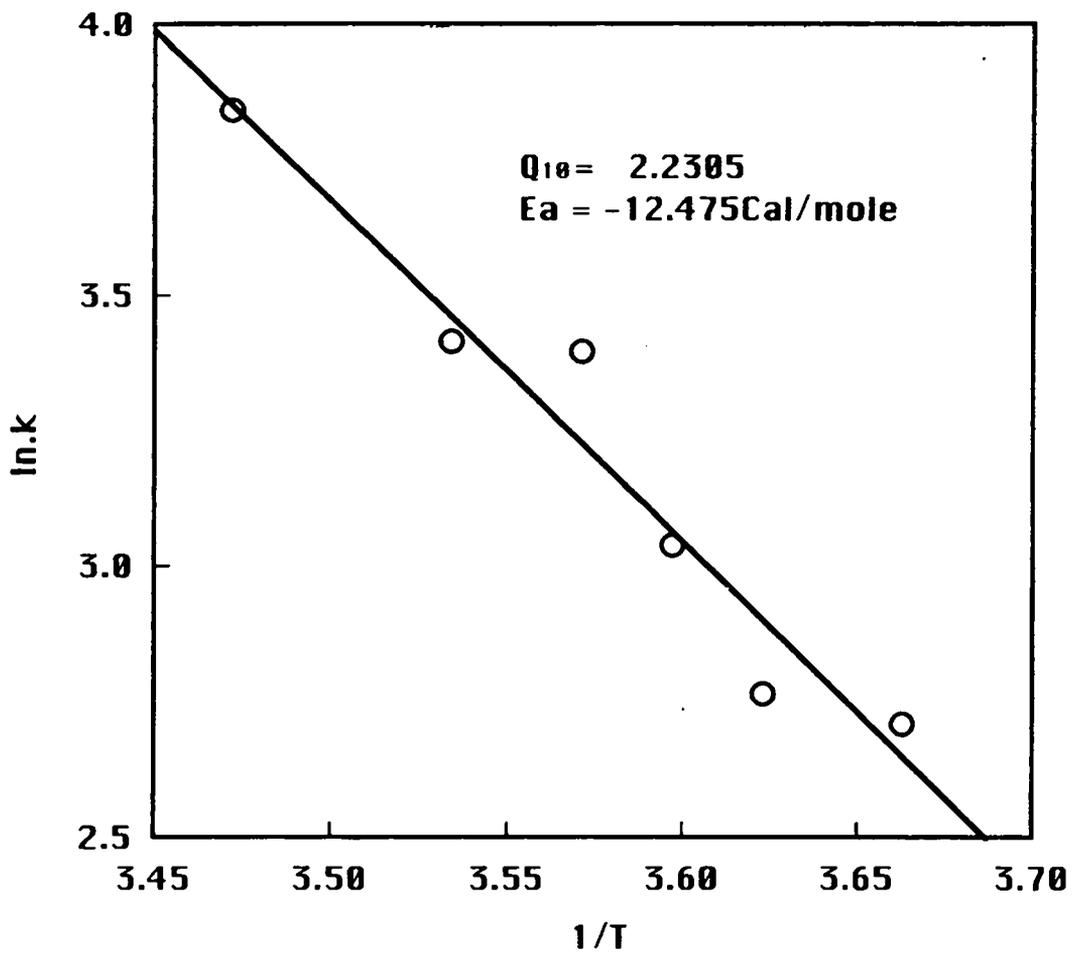


Fig.4-2-2. Arrhenius plot of dissolved oxygen decrease at various temperature.

속도가 넙치보다 약간 빨랐다.

용존산소량이 1ppm까지 저하하는데 소요되는 시간은 15℃에서는 70분, 10℃에서는 160분, 7℃에서는 270분, 5℃에서는 320분 후에 1ppm에 도달하였다. 한편, 넙치와 동일하게 3℃ 및 0℃ 저장에서는 치사 때까지 용존산소량이 1ppm까지 내려가지 않았다. 그리고, 각종 저장 온도에서의 치사시간은 15℃에서 225분, 10℃에서 300분, 7℃에서 300분, 5℃에서 320분이었다. 한편, 3℃ 저장에서는 넙치와 같이 D.O.값이 2.3ppm까지 저하하였으며, 320분 후에 치사하였고, 0℃에서 D.O.값이 4.7ppm까지 저하한 150분 후에 치사하였다.

이러한 결과는 우럭이 넙치보다 저온에 대한 내성이 강함을 시사하는 것으로 생각된다. 그러나, 우럭의 저온저장 온도는 넙치와 같은 5℃가 최적인 것으로 판단되며, 넙치보다는 덜하지만 3℃ 또는 0℃의 온도에서 저온 쇼크를 받는 것으로 판단된다.

그리고, 각종 온도에서 용존산소량 감소 속도상수는 15℃에서는 0.47min^{-1} , 10℃에서는 0.2207min^{-1} , 7℃에서는 0.1883min^{-1} , 5℃에서는 0.1831min^{-1} , 3℃에서는 0.1784min^{-1} , 0℃는 0.1405min^{-1} 이었다. 또 5~15℃ 영역에서의 Q_{10} -value는 2.56이었으며, E_a 는 -11.396 cal/mole 이었다.

나. 저장온도별에 따른 암모니아 생성량의 변화

谷崎등(1957)은 옥색송어를 12~13시간 수조에 수용하였을 때에 배설된 질소화합물은 측정하여, 전질소화합물중의 80~90%는 암모니아 질소임을 밝혔다. Baldwin(1937)에 의하면 水棲 무척추동물 및 해산 경골어류의 배설물중의 대부분을 점하고 있는 것은 암모니아이며, 또 비이온형의 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 로 이것은 pH가 높아지면 비해리의 상태로 존재하며 독성을 나타낸다. 암모니아 화합물의 독성은 어종에 따라서 다르지만, 보통 30ppm이 되면 치사하게 된다(川本,1977). 배설물, 구토물, 체표피 점막의 각리물질등은 수

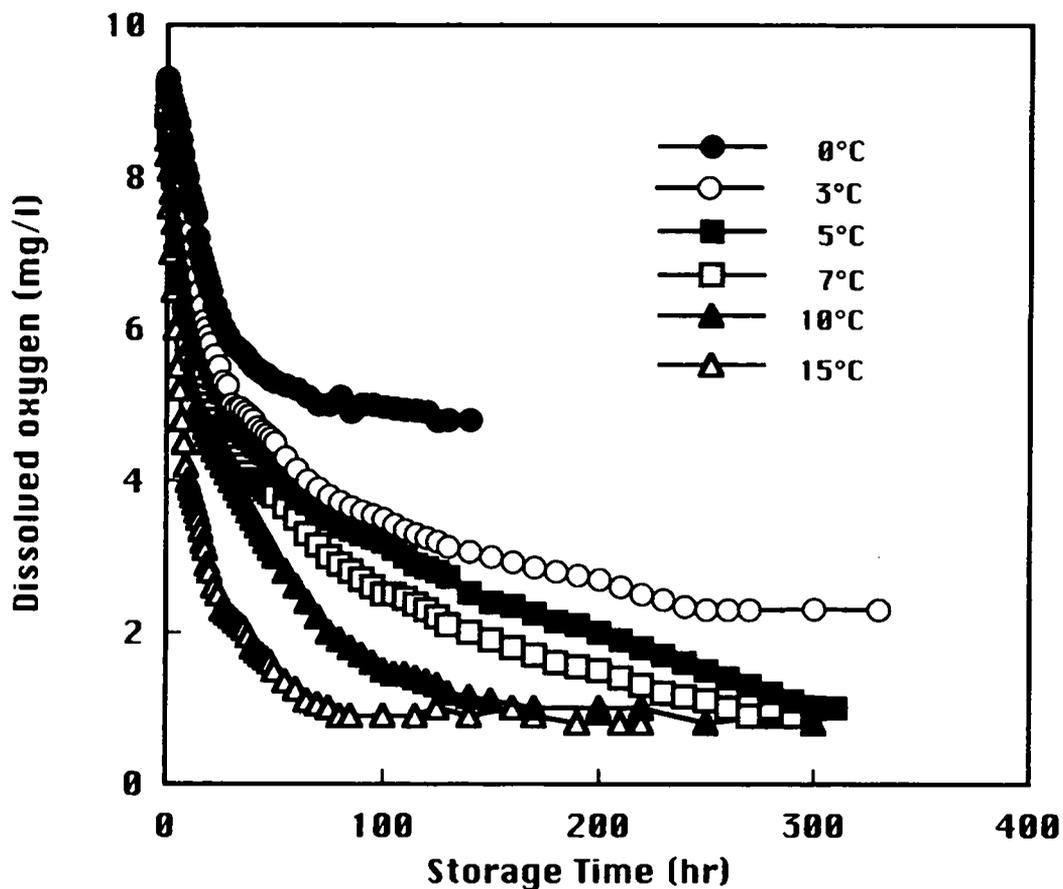


Fig.4-2-3. Changes on dissolved oxygen in seawater with non-aeration during storage at various temperature. The density of rock fish in sea water is 100g/1000ml(10%)

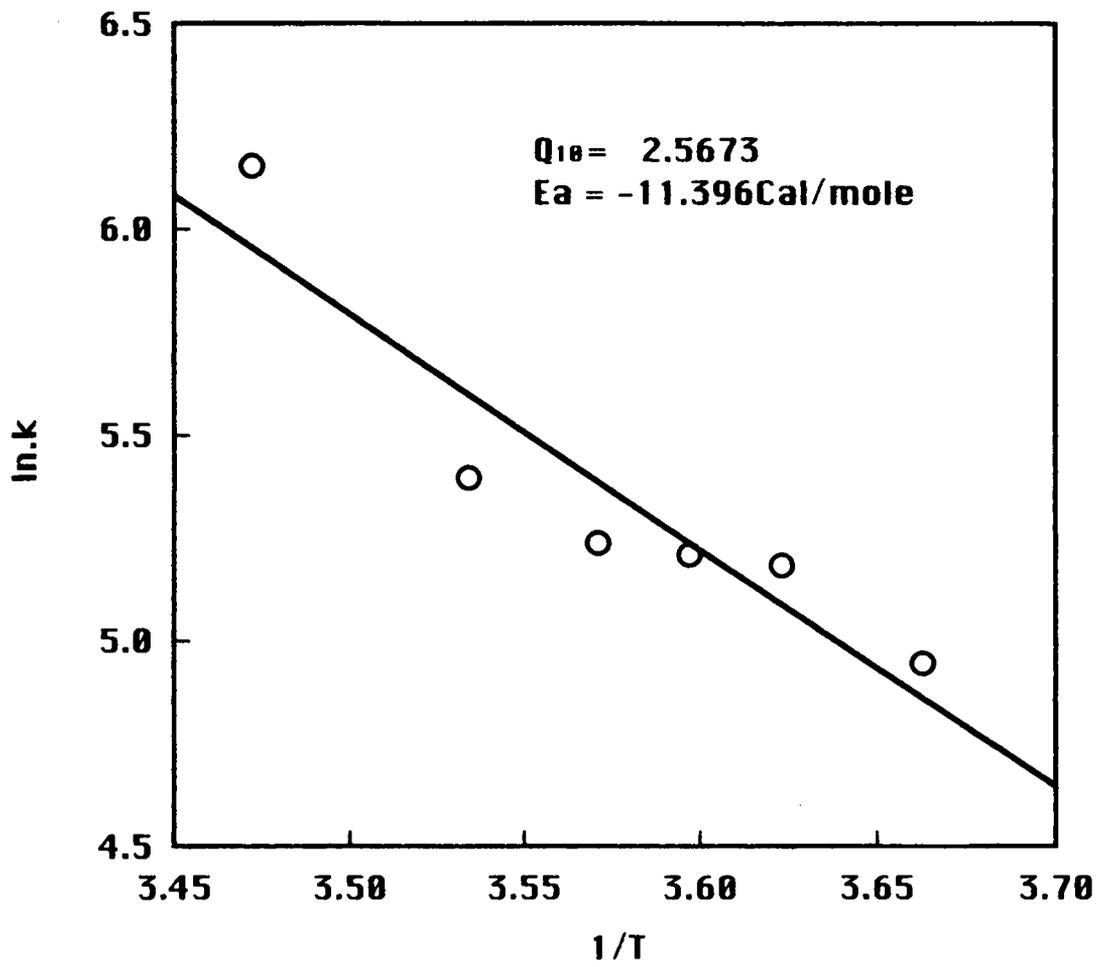


Fig.4-2-4. Arrhenius plot of dissolved oxygen decrease at various temperature.

송수를 현저히 오락시키며 폭기에 의하여 응집되어서, 어류의 아가미를 막아서 호흡곤란의 원인이 된다.

1) 넙치의 저장온도별에 따른 암모니아 생성량의 변화

넙치를 각종 온도(0℃, 3℃, 5℃, 7℃, 10℃, 15℃)에 폭기 상태로 저장중에 해수중의 암모니아 생성량의 변화와 암모니아 생성의 온도의존성은 Fig.4-2-5 및 4-2-6에 나타내었다.

전저장온도에서 암모니아 생성량이 약 30ppm에 도달한 얼마후에 치사하였으며, 15℃에서는 124시간, 10℃에서는 132시간, 7℃에서는 165시간, 그리고 5℃에서는 205시간 후에 치사하였다. 이러한 결과는, 해수중의 암모니아 화합물의 독성에 대하여 川本(1977)은 어종에 따라서 다르지만, 일반적으로 수산동물에 대하여 30ppm정도가 되면 치사한다는 보고와 일치하였다. 한편, 3℃저장에서는 암모니아 생성량이 약간 관찰되었으며 36시간 후에 치사하였고, 0℃저장에서는 암모니아 생성이 거의 없었으며 10시간 후에 치사하였다. 이와같이, 0℃저장에서 암모니아의 생성이 없는데 10시간 후에 치사하는 것은 저온 쇼크에 의한 치사로 생각되며, 3℃저장에서도 어느정도 저온 쇼크의 영향을 받는 것으로 판단된다.

각종 저장온도에서 암모니아 생성속도 상수는 15℃에서는 0.2735hr^{-1} , 10℃에서는 0.2534hr^{-1} , 7℃에서는 0.2444hr^{-1} , 5℃에서는 0.1810hr^{-1} 이었다. 또, 5~15℃ 온도 영역에서의 Q_{10} -value는 1.506이었으며, E_a 는 -5.508cal/mole 이었다.

2) 우럭의 저장온도별에 따른 암모니아 생성량의 변화

넙치와 같은 조건으로 우럭을 각종 온도에 저장하면서 해수중의 암모니아 생성량의 변화와 암모니아 생성의 온도의존성을 Fig.4-2-7 및 4-2-8에 나타내었다. 넙치와 유사한 온도의존성을 나타내었으나 암모니아 생성

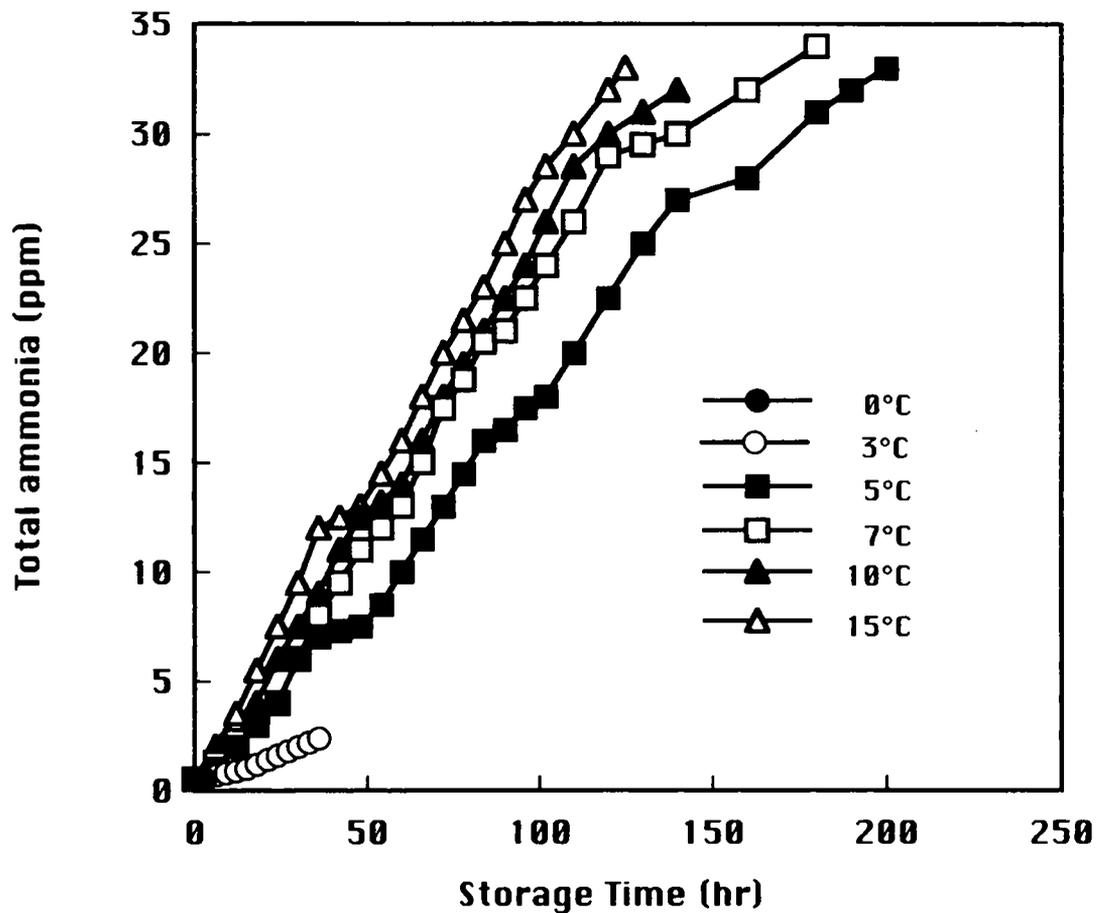


Fig.4-2-5. Changes on total ammonia in seawater with aeration during storage at various temperature. The density of plaice in sea water is 100g/1000ml(10%)

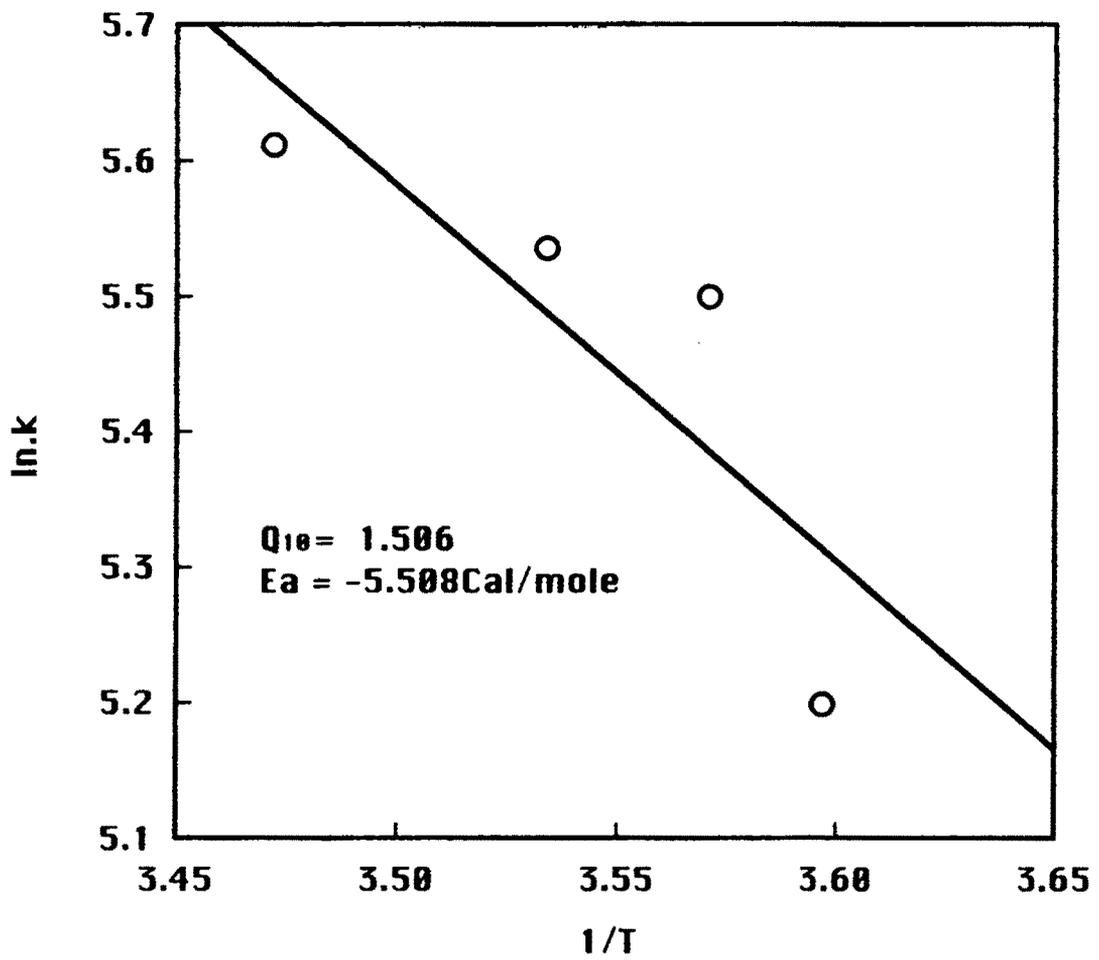


Fig.4-2-6. Arrhenius plot of changes on total ammonia at various temperature.

속도가 넙치보다 빨랐으며, 약 50ppm까지 상승한 얼마후에 치사하였다. 치사시간은 15℃에서는 150분, 10℃에서는 225분, 7℃에서는 265분, 5℃에서는 320분 이었다. 그리고, 3℃에서는 저장 265시간 후에 치사하였으며 그때의 암모니아 생성량은 38ppm이었으며, 0℃저장에서는 235시간 후에 22ppm의 값을 나타내었으며, 그 때에 치사하였다. 이러한 결과는, 우럭이 넙치보다는 덜하지만 3℃또는 0℃의 온도에서 저온 쇼크를 받는 것으로 판단된다.

각종 저장온도에서 암모니아 생성속도 상수는 15℃에서는 0.3290hr^{-1} , 10℃에서는 0.2469hr^{-1} , 7℃에서는 0.1879hr^{-1} , 5℃에서는 0.1680hr^{-1} , 3℃에서는 0.1545hr^{-1} , 0℃에서는 0.0948hr^{-1} 이었다. 또, 5~15℃ 온도 영역에서는 Q_{10} -value는 1.958이었으며, E_a 는 -12.248cal/mole 이었다.

다. 냉각 및 승온시에 온도차의 영향

활어의 저온·고밀도 수송온도를 10℃로 할 때에, 상온에서 저온의 수송온도의 해수에 활어를 바로 침지하거나, 저온·고밀도로 18시간 수송후에 상온의 해수에 바로 침지할 때에 활어가 받는 stress정도를 표.4-2-1에 나타내었다. 온도차가 10℃까지는 냉각 및 승온에 의한 영향은 거의 없거나 미미한 것으로 판단된다. 그러나, 온도차가 15℃의 경우는 특히, 승온시에 발부등 및 표피색택 변화 등 활어가 stress를 많이 받는 것으로 생각된다. 그리고, 20℃ 이상의 온도차에서는 냉각시 및 승온시 모두 stress를 많이 받았으며 치사하는 것도 있었다.

이상의 냉각 및 승온시의 온도차에 의한 활어에 미치는 영향의 실험결과로부터, 활어를 저온·고밀도 수송시에는 수송온도차가 10℃ 정도가 바람직한 것으로 판단된다. 그러나, 하절기에는 해수온도가 높으므로 활어가 stress 는 받지만 15℃정도의 온도차로도 수송은 가능할 것으로 판단된다.

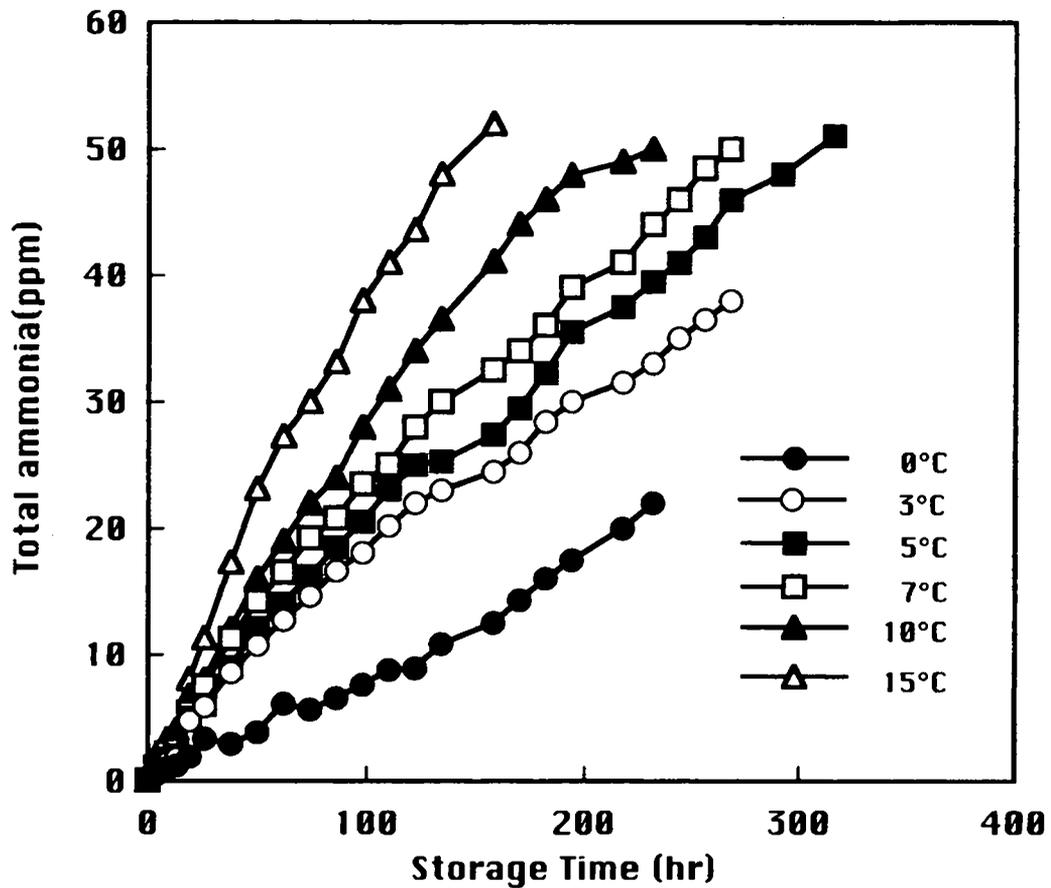


Fig.4-2-7. Changes on total ammonia in seawater with aeration during storage at various temperature. The density of rock fish in sea water is 100g/1000ml(10%)

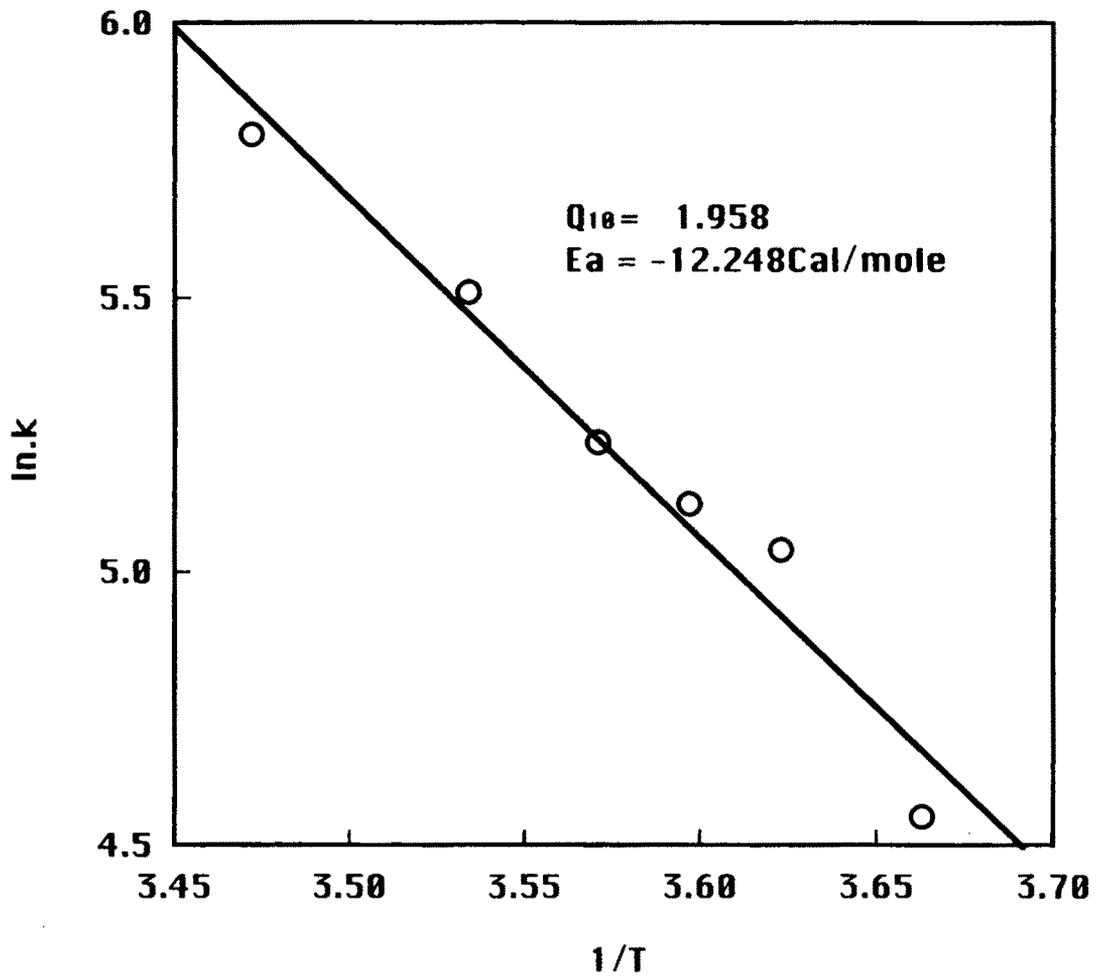


Fig.4-2-8. Arrhenius plot of changes on total ammonia at various temperature.

표. 4-2-1 냉각 및 승온시에 온도차의 영향

온도차	냉각	승온	비고
5℃	표피색택 및 움직임 등의 변화가 거의 없음	표피색택 및 움직임 등의 변화가 거의 없음	
10℃	표피색택이 약간 변하고 온도차에 의한 영향인 듯 약간의 움직임이 관찰됨	표피색택이 냉각시보다 더 변하고 약간의 움직임이 관찰됨	냉각 및 승온시에 온도차에 의한 약간의 stress를 받는 것 같으나, 큰 영향은 없는 것으로 생각됨
15℃	표피색택이 많이 변하고 움직임이 많음	표피색택 변화 및 움직임이 냉각시보다 더 많음	냉각보다는 승온시에 온도차의 영향을 더 많이 받는 것으로 판단됨
20℃	격렬하게 움직이며 일정시간이 지난 후에 치사하는 것도 있었다.	격렬하게 움직이며, 치사하는 것도 있었다.	온도차가 너무 커서 활어수송에 적용은 불가능한 것 같음

제 3절 저온·고밀도 수송 및 회복시에 혈액성분 및 근육성분의 변화

어류는 염분농도의 급변, 주위 환경온도의 변화, 용존산소량의 감소, 공기노출 등의 원인으로 stress를 받으면 혈액성분이 변함이 알려져 있다. 즉, 이러한 자극을 받으면 먼저 adrenaline이 분비되어서 새로운 환경에 적응하려고 하며, 이 때문에 호흡수의 증가, 혈관 확장, 심박동수의 증가, 산소섭취량의 증가, 혈액순환량의 증가 등이 일어나므로 혈액성분이 변화한다. 이러한 자극이 강하거나 지속될 때는 회복이 불가능하여 치사하게 된다.

본 절에서는 활어의 저온·고밀도 수송을 위한 조건을 검토하기 위하여 10℃, 50% 밀도로 활어를 수용중에, 혈액성분(glucose, hemoglobin, GOP, GPT, LDH, triglyceride) 및 근육성분(ATP관련물질 및 유산)의 변화를 측정하였다.

1. 재료 및 방법

가. 혈액 성분의 변화

혈액의 채취는 상법에 따라서 항문과 꼬리자루의 중간 복부와 옆줄의 사이에서 비늘밑으로 주사바늘이 꼬리에서 머리쪽으로 45도정도 비스듬하게 하여 주사바늘이 등뼈에 닿을 때까지 찔러서, 등뼈에 닿으면 1~2mm정도 들어가게 하여 채혈하였다. 그리고, 채혈중 시료에 자극을 주지않기 위하여 benzocaine(아미노안식향산에틸)을 안전마취 수준으로하여, 마취액에 침지하여 마취시킨후에 채혈하였다. Hemoglobin분석은 응고되지 않은 전혈을 이용하였고, 나머지 실험항목은 채취한 혈액을 5℃ 냉장고에서 1시간 방치하여 응고시킨 후에 3,000rpm에서 15분 동안 원심분리하여 혈청을 조제한 후에 사용하였다.

1) Glucose

Glucose는 glucose oxidase의 효소를 이용한 측정용 시액(형식 AM-201-K, (주)아산제약, 한국)을 이용한다. GOD(glucosoxidase)의 작용에 의하여 glucose는 용액중의 효소 및 물과 반응하여 글루콘산과 과산화수소가 된다. 이어서, 이 과산화 수소가 peroxidase의 작용에 의하여 phenol과 4-aminoantipyrine을 산화적으로 축합시켜, 키논형 적색 색소를 생성한다. 이 적색 색소를 파장 500nm에서 비색 측정하여 검체중의 glucose량을 구한다.

2) Hemoglobin

Hemoglobin은 응고되지 않은 전혈을 cyanmethemoglobin법을 이용한 측정용 시액(형식 AM-503-K, ㈜아산제약, 한국)으로 혈액중 헤모글로빈을 페리시안화 칼륨과 반응시켜 met-hemoglobin으로 전환시킨다. 이 반응액을 분광 광도계 파장 540nm에서 흡광도를 측정하여 헤모글로빈량을 구한다. 이 측정법은 국제 혈액 표준 위원회의 표준법이다.

3) GOT 및 GPT

GOT(glutamicoxaloacetictransaminase)와 GPT(glutamicpyruvictransaminase)는 Reitman-Frankel법을 이용한 측정용 시액(형식 AM-101-K, ㈜아산제약, 한국)을 사용하여 각각 측정하였다. 즉, α -케토글루탈산과 L-아스파라긴산 및 DL-알라닌을 각각의 기질로 하여 각각 옥살초산과 피루브산으로 전환시켜 2,4-디니트로 페닐히드라진으로 히드라존화를 시켜 0.4N-NaOH로 발색을 시킨후 550nm에서 비색정량하여 검량선에 따라서 그 값을 계산하였다.

4) 유산탈수소효고(LDH)

LDH(lactatedehydrogenase)는 tetrazolium염법을 이용한 측정용 시액(형식 AM-159-K, ㈜아산제약, 한국)을 이용하여, 검체중의 젖산을 탈수소시켜 피루빈산을 생성시킨 후(이때 보효소 NAD는 NADH로 되고, 생성된 NADH는 1-methoxy PMS의 존재하에 NTB(nitrotetrazolium blue)를 환원시켜 디포르마잔을 생성한다.) 디포르마잔의 정색을 570nm에서 비색정량하여 LDH의 활성을 구한다.

5) Triglyceride

Triglyceride(중성지방)의 측정은 효소법을 이용한 측정용 시액(형식 AM157SK, (주)아산제약, 한국)을 이용한다. 검체중의 중성지방은 리포푸로인 리파제에 의해 글리세린과 지방산으로 분리되고 글리세린은 글리세롤키나제와 반응하여 L- α -글리세로 인산이 되며 이를 L- α -글리세로 인산옥시다제의 작용으로 H₂O₂가 발생한다. 이 과산화 수소가 peroxidase의 작용에 의하여 키노이드색소를 생성한다. 이 색소를 파장 550nm에서 비색 측정하여 검체중의 triglyceride량을 측정하였다.

나. 근육성분의 변화

혈액성분을 측정한 동일 시료를 사용하여, ATP관련 물질 및 유산량을 측정하였다.

1) ATP관련물질

ATP관련물질의 측정은 Iwamoto et al.(1987)의 방법으로 핵산관련물질을 추출하여 추출액을 -25℃ 동결고에 동결 보관하였다. 측정시에 증류수로 10배 희석하여 0.45 μ m membrane filter로 여과후 HPLC에 주입하였다. Column 이동층에는 0.05M의 인산 완충 용액(pH 6.78)을 사용하였고, 핵산관련 물질 표준품은 Sigma사의 표준품을 사용하여 조제하였다. 장치는 Waters사제 고속액체 chromatograph 자동분석 system을 사용하였고, column은 Waters사제의 μ -Bondapack C₁₈ 300×3.9mm의 역상 분배 column이었으며, 측정 조건은 시료 주입량 5 μ l, 이동층 유량 0.8ml/min, column 온도 37℃, 흡수 파장 254nm, peak 면적 적산법, 분석 시간 30분이었었다. 그리고, 분석된 ATP분해 물질들의 mol농도를 구하였다.

2) 유산량

유산량의 측정은 제단백 추출액을 사용하여 Barker and Summerson(1941)

의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 등육 2.5g을 취하여 22.5ml의 냉각된 trichloroacetic acid로 균질화 하여 단백질을 제거한 후 원심분리하여, 그 상층액 1ml와 20% CuSO₄ 1ml로서 유산을 구리와 치환하고 증류수로 10ml로 정용하였다. 여기에 Ca(OH)₂ 1g을 첨가 당류를 제거한 다음 5,000rpm에서 원심분리 후에 상층액 1ml와 4% CuSO₄ 0.05ml로 잔류 유산을 재치환하였다. 여기에 진한 황산 6ml를 가하여 액중의 Ca(OH)₂를 분해시키고 20℃로 냉각후에 1.5% ρ-hydroxyphenol 0.1ml로 발색시킨후, 100℃의 수조에 서 90초간 ρ-hydroxyphenol을 용해시킨 후에 560nm에서 비색 정량하였다.

2. 결과 및 고찰

가. 혈액성분의 변화

어류는 수분 및 염분농도의 급변, 용존산소량의 감소, 공기노출등의 원인으로 stress를 받으면 혈액성분이 변함이 알려져있다. 즉, 이러한 자극을 받으면 먼저 adrenaline이 분비되어서 새로운 환경에 적응하려고 하며, 이때문에 호흡수의 증가, 혈관 확장, 심박동의 증가. 산소섭취량의 증가, 혈액순환량의 증가 등이 일어나므로 혈액성분이 변화한다. 이러한 자극이 강하거나 지속될 때는 회복이 불가능하여 치사하게 된다.

활어의 저온대량수송을 위한 기초자료를 확립하기 위하여, 넙치 및 우럭을 10℃, 50%밀도로 저온·고밀도 및 회복조건(18℃, 5%밀도) 저장중에 혈액성분(glucose, hemoglobin, GOT, GPT, LDH, triglyceride)의 변화를 측정한 결과를 Fig.4-3-1 에서 Fig.4-3-12까지에 나타내었다.

1) 넙치의 혈액성분의 변화

가) Glucose

혈액중의 glucose함량의 변화를 Fig. 4-3-1에 나타내었다. 저장직전에

12.2mg/100ml의 값을 나타내었으며, 저장 초기에 급격히 증가하여 6시간 후에는 23.1mg/100ml을 나타내었으나 그 후로 감소하여 12시간 후에는 24.1mg/100ml 값을 나타내었으며, 18시간 후에는 15.2mg/100ml까지 감소하였다. 그리고, 회복조건 (18℃, 5% 밀도)에서도 glucose값이 저하하여 저장 2시간 후에는 본래 값까지 저하하였다. 이와같이, 저온·고밀도 저장중에 저장 6시간 이후에 glucose값이 감소하는 것은 섭치가 10℃, 50%고밀도에 어느정도 적응했음을 시사하는 것으로 판단된다. 어류가 stress를 받을 때에 혈중의 glucose 농도의 증가에 대하여 Birnbaum et al.(1976)과 Hayashi and Oshino(1977)는 부신수질에서 adrenaline이 과다로 분비되어서 간장중의 glycogen에서 glucose로의 분해를 촉진한다고 보고하고 있다. 또, Ottolenghi등(1982)은 stress시에 췌장으로부터 insulin의 분비가 억제되어, 혈당이 상승한다고 보고하고 있다.

나) Hemoglobin

혈액중의 hemoglobin(Fig.4-3-2)의 변화도 glucose의 변화와 유사한 경향을 나타내었다. 즉, 저장직전에 12.1g/100ml였던 것이 저온·고밀도 저장 초기에 급격히 증가하여 저장 6시간후에 27.2g/100ml까지 상승하였으며, 그 이후로 감소하여 저장 12시간 후에 24.3g/100ml, 18시간 후에는 15.4g/100ml까지 감소하였다. 그리고 회복시에는 2시간후에 본래값 이하까지 저하하였다.

다) GOT 및 GPT

어류가 stress를 받을 때에 GOT 및 GPT의 증가에 대하여, 清水(1970)는 아미노산에서 glycogen의 생합성에 관여하는 고도의 기질 특이성을 가지는 다수의 전이효소가 간장에 있는데, stress를 받으면 아미노산 대사에 이상을 일으켜서 전이효소의 활성이 증가하기 때문이라고 보고하고 있다. 혈액

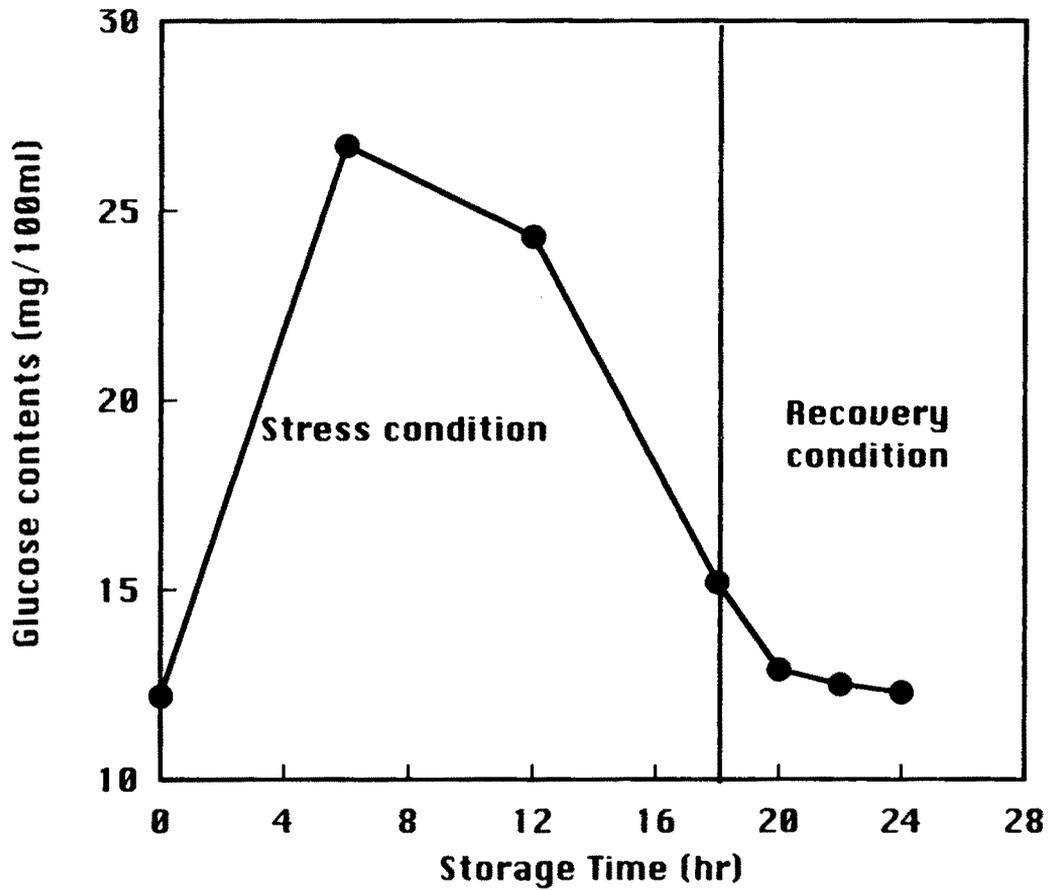


Fig.4-3-1. Changes on glucose content in serum of live plaice during storage in stress condition(10°C, 50%density) and recovery condition(18°C, 5%density).

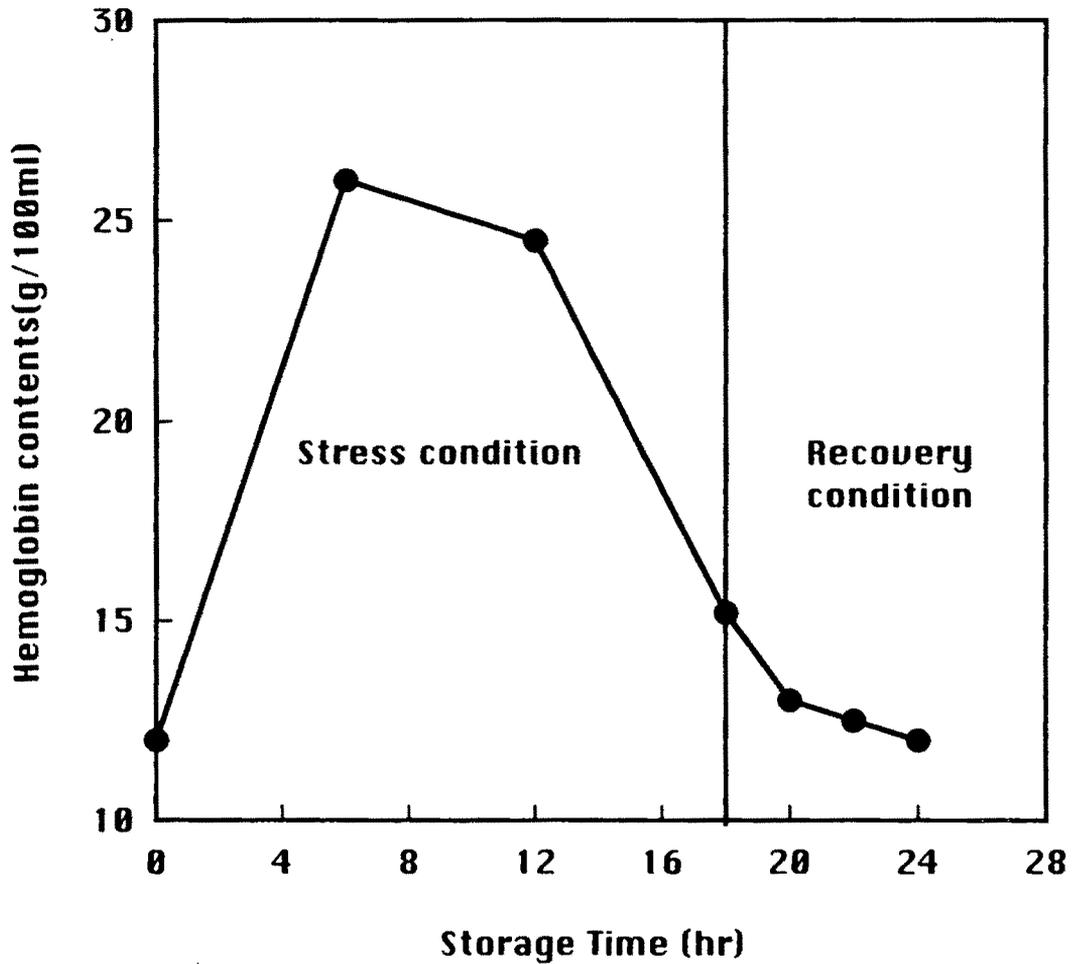


Fig.4-3-2. Changes on hemoglobin content in serum of live plaice during storage in stress condition (10°C, 50% density) and recovery condition (18°C, 5% density).

중의 GOT 및 GPT의 변화 (Fig. 4-3-3 및 Fig. 4-3-4)도 glucose 및 hemoglobin의 변화와 유사한 경향을 나타내었다.

GOT는 저장직전에 20.1이었으나 저온·고밀도 저장 초기에 급격히 증가하였다. 즉, 6시간후에 45.8까지 상승하였으며, 12시간후에는 47.3까지 증가하였으며, 그이후 18시간까지 급격히 감소하였다. 회복시에는 2시간후에 본래의 값까지 저하하였다.

GPT는 저장 직전에 16.3였으나 저장초기에 급격히 증가하여 6시간 후에 21.4, 12시간 후에 22.7을 나타내었으며, 그 이후 18시간까지 급격히 감소하였다. 그리고, 회복시에도 GOT와 동일하게 저장 4시간 후에 본래의 값까지 저하하였다.

라) Triglyceride

혈액중의 triglyceride의 변화(Fig.4-3-5)도 상기의 혈액성분들의 변화와 유사한 경향을 나타내었다. 즉, 저장직전에 258mg/100ml였던 것이 6시간후에는 424mg/100ml로 급격하게 상승하였으며, 그 이후로 완만히 감소하여 12시간 후에는 382mg/100ml, 저장 18시간 후에는 303mg/100ml까지 감소하였으며, 회복 2시간 후에는 본래값까지 저하하였다. Triglyceride는 glycogen과 더불어 어류의 energy공급원이 되며, 아사(餓死) 상태에서는 초기에 주된 energy공급원이 된다(Yoon et al., 1986). Takami et al.(1995)은 전복을 장기간 굶긴 때에 triglyceride함량이 서서히 감소됨을 보고하고 있다.

마) 유산탈수소효소(LDH)

혈액 중의 유산탈수소효소(Fig. 4-3-6)의 변화는 저장 직전에 408이었던 것이 저장 초기에 급격하게 증가하여 6시간 후에 약 1250, 12시간 후에 약 1590까지 상승하였으며, 그 이후 급격히 감소하여 18시간후에 약 530을 나

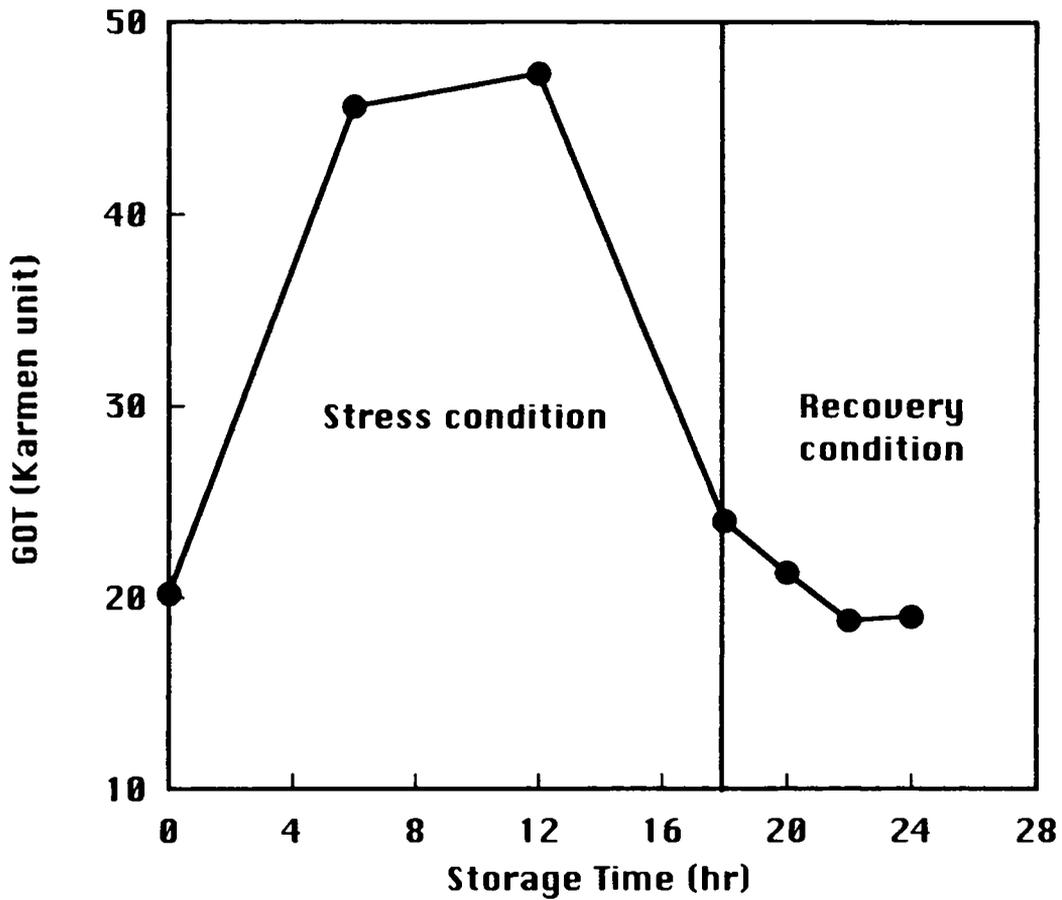


Fig.4-3-3. Changes on GOT(glutamic oxaloacetic transaminase) in serum of live plaice during storage in stress condition(10°C, 50% density) and recovery condition (18°C, 5% density).

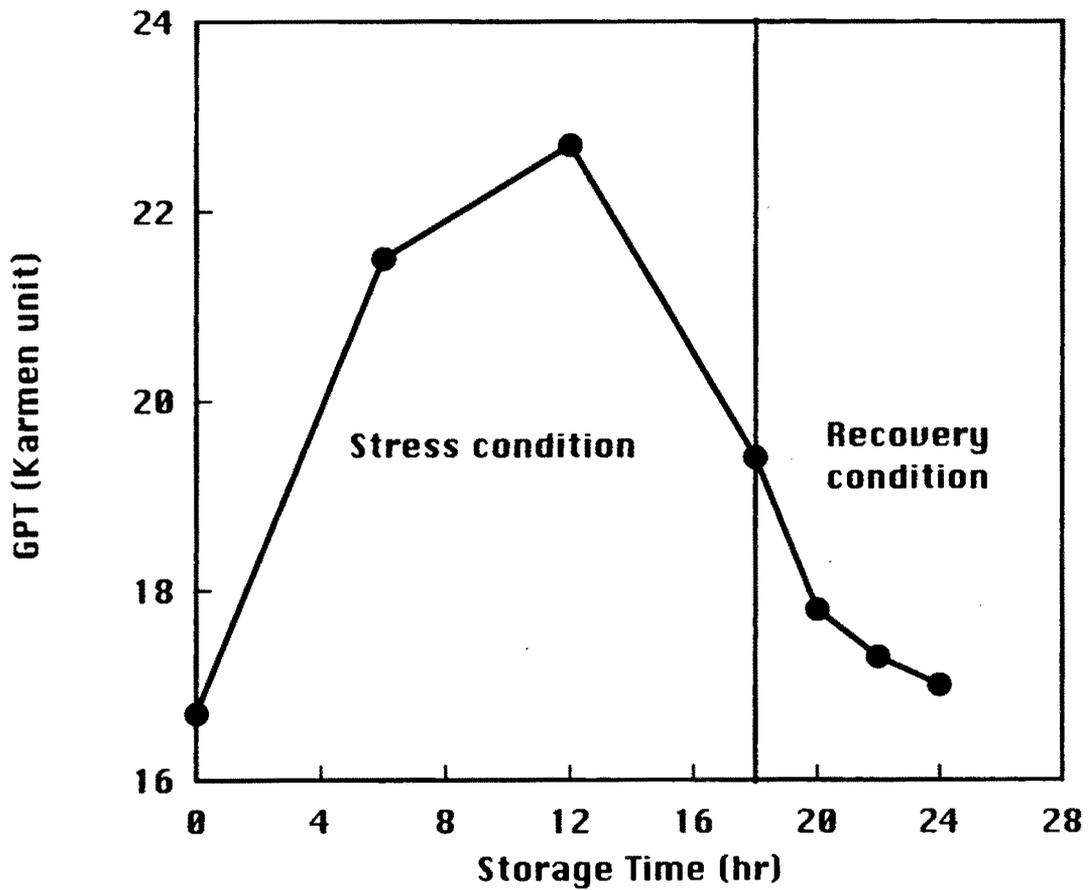


Fig.4-3-4. Changes on GPT(glutamic pyruvic transaminase) in serum of live plaice during storage in stress condition (10°C, 50% density) and recovery condition (18°C, 5% density).

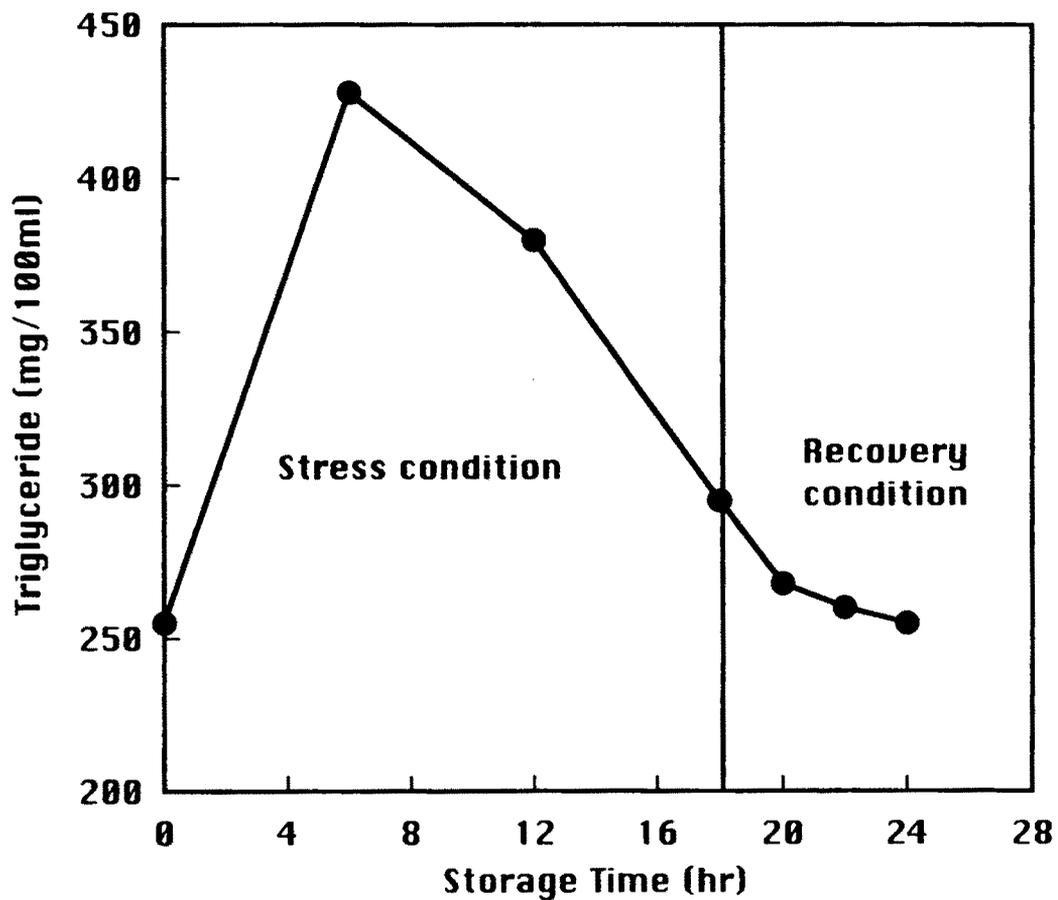


Fig.4-3-5. Changes on triglyceride content in serum of live plaice during storage in stress condition(10°C, 50% density) and recovery condition(18°C, 5% density).

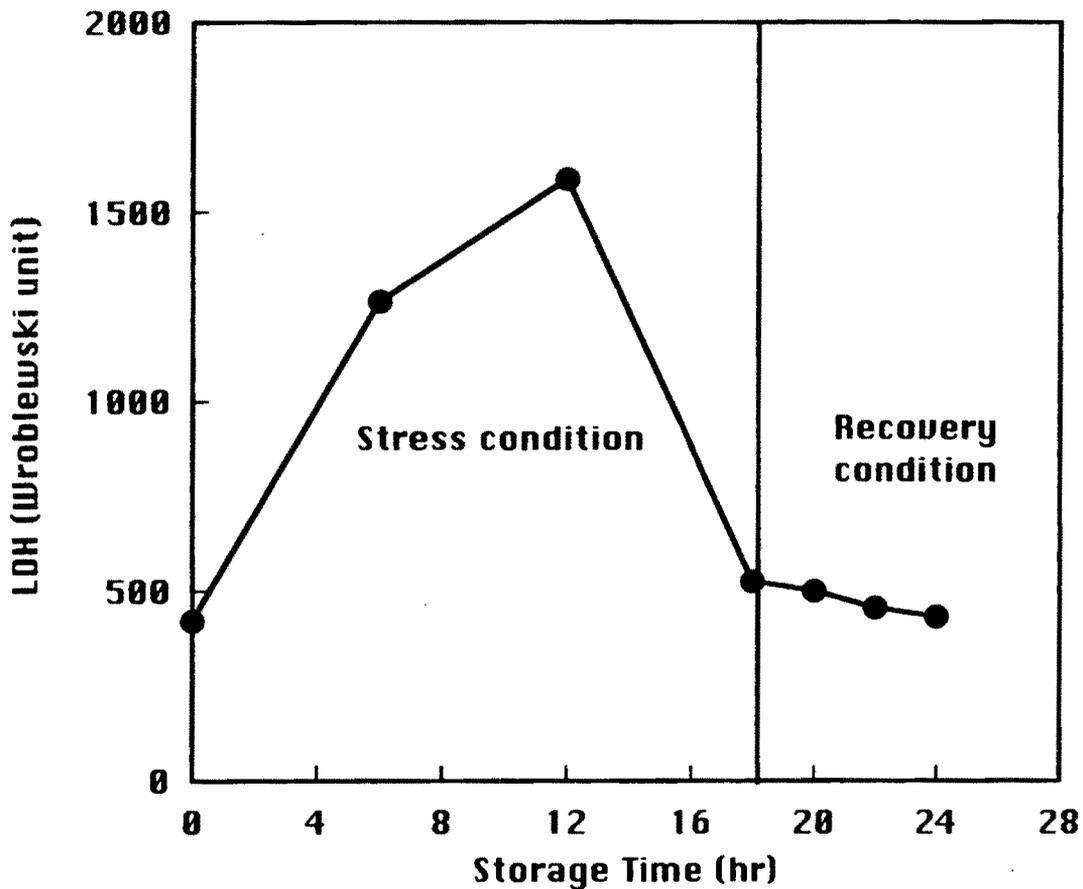


Fig.4-3-6. Changes on LDH(lactate dehydrogenase) in serum of live plaice during storage in stress condition(10°C, 50% density) and recovery condition(18°C, 5% density)

타내었으며, 회복조건에서는 거의 일정한 값을 나타내었다.

이와같이, 저온·고밀도 조건의 stress시에 LDH의 증가는 혈액 중의 유산량이 증가함을 시사하는 것이다. Wardle(1978)은 급격한 운동 등에 의한 stress시에 adrenalin이 증가하여 혈관의 수축이나 혈류량 감소 등에 의한 저산소 분압 상태에서의 혈액 이동은 간장에 있는 glycogen의 혐기적 분해에 의하여 유산의 생성을 촉진시킨다고 보고하고 있다.

이상과 같이, 혈액 성분들의 변화가 저온·고밀도 저장 초기에 급격히 증가하는 것은 저온·고밀도(10℃, 50%)에 의한 stress 때문인 것으로 판단되며, 또 저장 6~12시간 이후 18시간까지 혈액 성분이 감소하는 것은 저온·고밀도 조건에 어느정도 적응했음을 시사하는 것으로 판단된다. 그리고, 회복조건(20℃, 5%)에서 약 2~4시간 후에 본래의 상태로 회복하는 것은 저온·고밀도 수송시에 받는 stress가 그렇게 크지 않음을 시사하는 것으로, 상기의 혈액 성분 실험의 결과로부터, 넘치를 10℃, 50%로 수송 가능할 것으로 판단된다.

2) 우럭의 혈액성분의 변화

가) Glucose

우럭 혈액중의 Glucose 함량의 변화를 Fig. 4-3-7에 나타내었다. 저장직전에 24.6mg/100ml였던 것이 저장 초기에 급격히 증가하여 6시간후에 60.2mg/100ml까지 상승하였다. 그리고, 12시간까지는 약간 감소하였으며 저장 18시간 후에는 31.5mg/100ml까지 저하하였다. 회복조건(18℃, 5%밀도)에서는 4시간 후에 본래의 값까지 저하하였다. 우럭을 저온 고밀도 저장중에 glucose의 변화경향은 넘치와 유사하였다.

나) Hemoglobin

혈액중의 hemoglobin의 변화(Fig. 4-3-8)도 유사한 경향은 나타내었다.

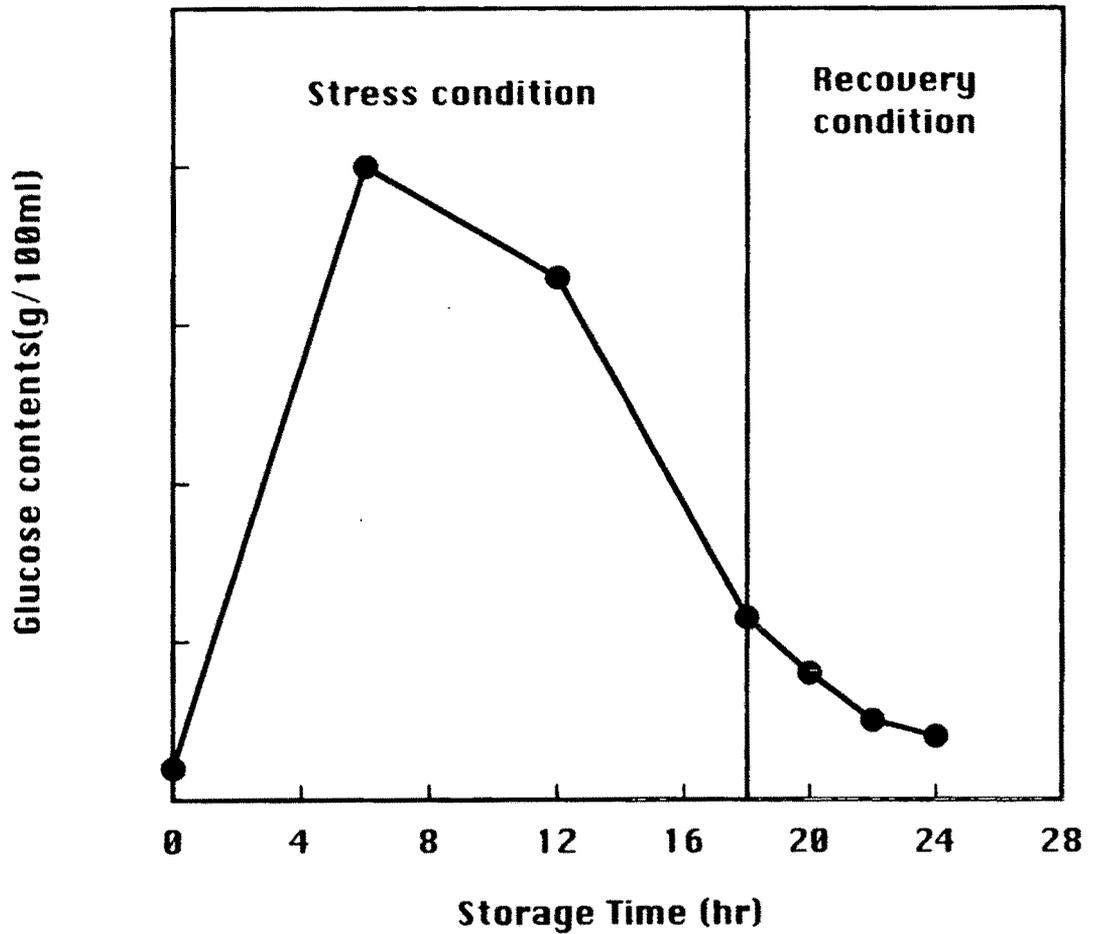


Fig.4-3-7. Changes on glucose content in serum of live rock fish during storage in stress condition(10°C, 50% density) and recovery condition(18°C, 5% density).

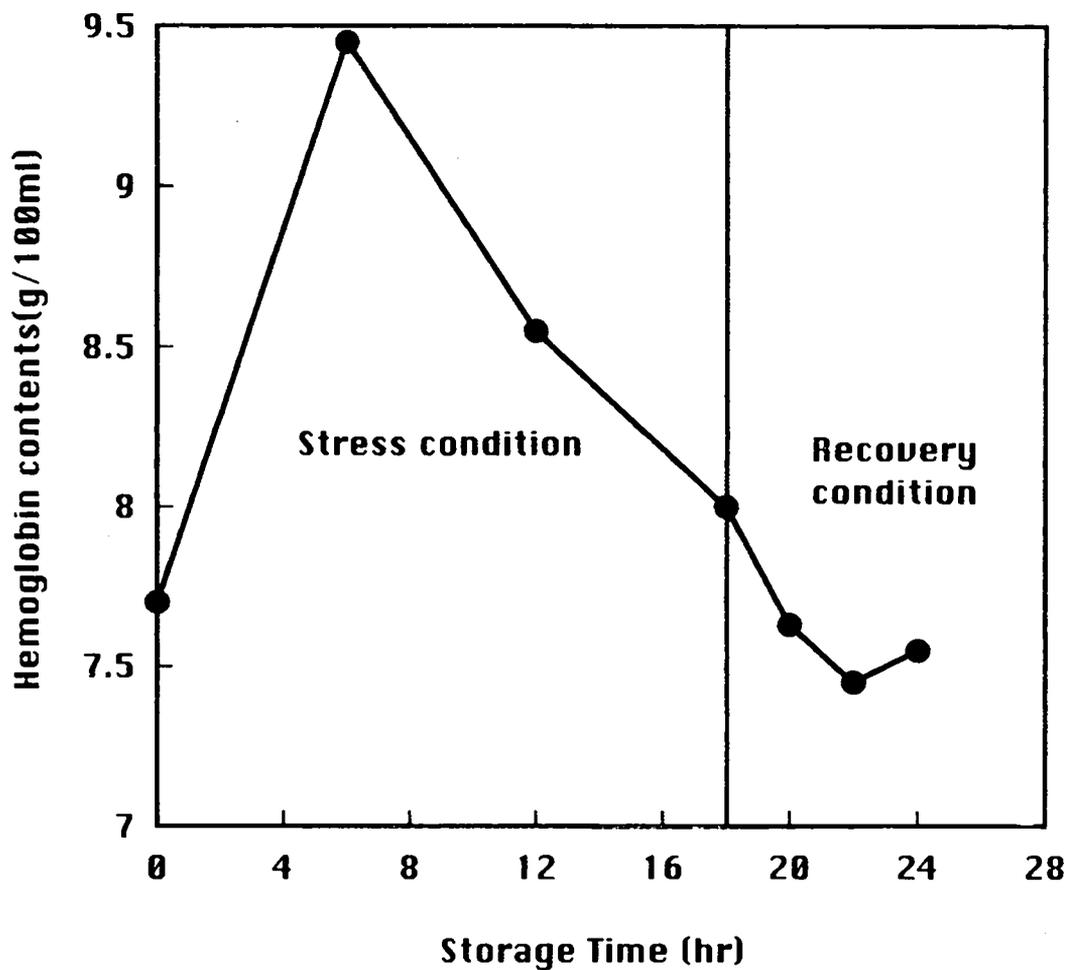


Fig.4-3-8. Changes on hemoglobin conten in serum of live rock fish during storage in stress condition(10°C, 50% density) and recovery condition(18°C, 5% density).

즉, 저장 직전에 7.7g/100ml였던 것이 저온·고밀도 저장초기에 급격히 증가하여 저장 6시간 후에 9.4g/100ml까지 상승하였으며, 그이후로 감소하여 저장 12시간후에 8.6g/100ml, 18시간 후에는 8.0g/100ml까지 감소하였다. 그리고, 회복시에는 저장 2시간 후에는 본래의 값까지 저하하였다.

다) GOT 및 GPT

GOT는 (Fig. 4-3-9)는 저장직전에 18.6이었으나 저온·고밀도 저장초기에 급격히 증가하여, 저장 6시간후에 42.7까지 상승하였으며, 저장 12시간 후에는 45.5의 값을 나타내었으며, 회복조건에서 2시간후에 본래의 값까지 저하하였다.

GPT(Fig.4-3-10)도 GOT와 유사한 변화경향은 나타내었다. 즉, 저장직전에 13.61이었던 것이 저온 고밀도 저장초기에 급격히 증가하여 6시간후에 20.5, 12시간후에 23.5가 되었다. 그리고, 18시간후에는 20.3으로 감소하였다. 회복조건에서는 저장 4시간후에 본래값까지 감소하였다.

라) Triglyceride

혈액중의 Triglyceride의 변화(Fig. 4-3-11)도 상기의 혈액성분들의 변화와 유사한 경향은 나타내었다. 즉, 저장직전에 238mg/100ml였던 것이 6시간후에 402mg/100ml까지 급격히 상승하였으며, 12시간까지 일정하게 유지되다가 18시간후에는 300mg/100ml까지 저하하였다. 회복조건에서는 저장 4시간 후에 본래의 값까지 저하하였다.

마) 유산탈수소효소(LDH)

혈액중의 LDH의 변화(Fig. 4-3-12)는 저장직전에 340이었던 것이 저장초기에 급격히 증가하였다. 즉, 6시간후에 1095, 12시간후에 1445를 나타내었다. 그 이후에 감소하여 18시간후에는 576까지 감소하였으며, 회복조

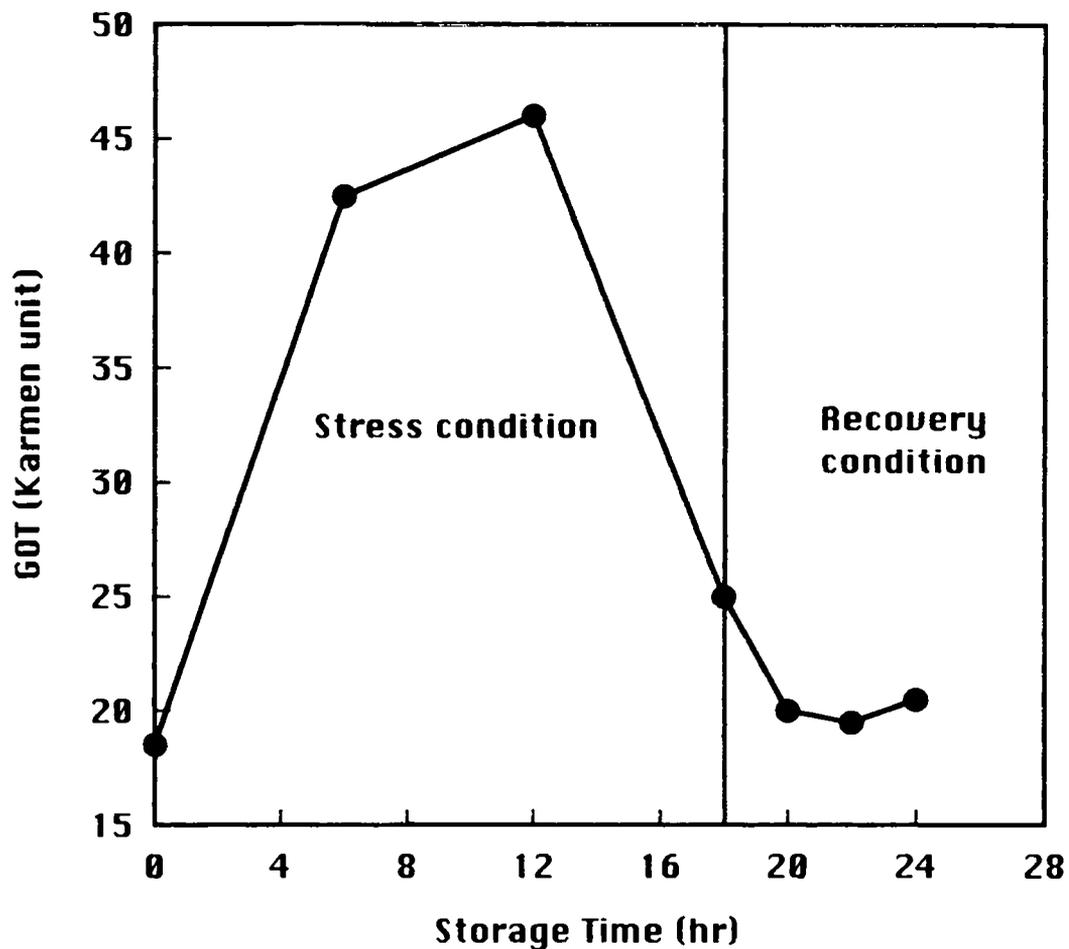


Fig.4-3-9. Changes on GOT(glutamic oxaloacetic transaminase) in serum of live rock fish during storage in stress condition(10°C, 50% density) and recovery condition (18°C, 5% density).

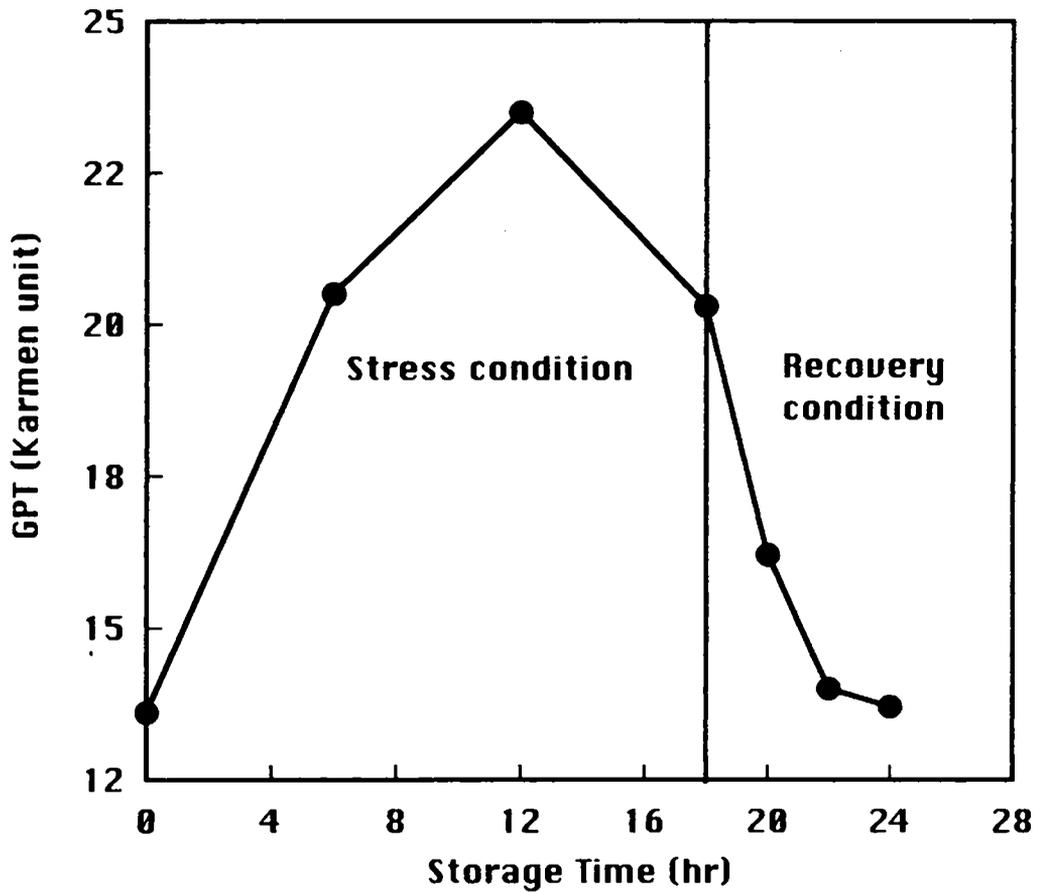


Fig.4-3-10. Changes on GPT(glutamic pyruvic transaminase) in serum of live rock fish during storage in stress condition (10°C, 50% density) and recovery condition (18°C, 5% density).

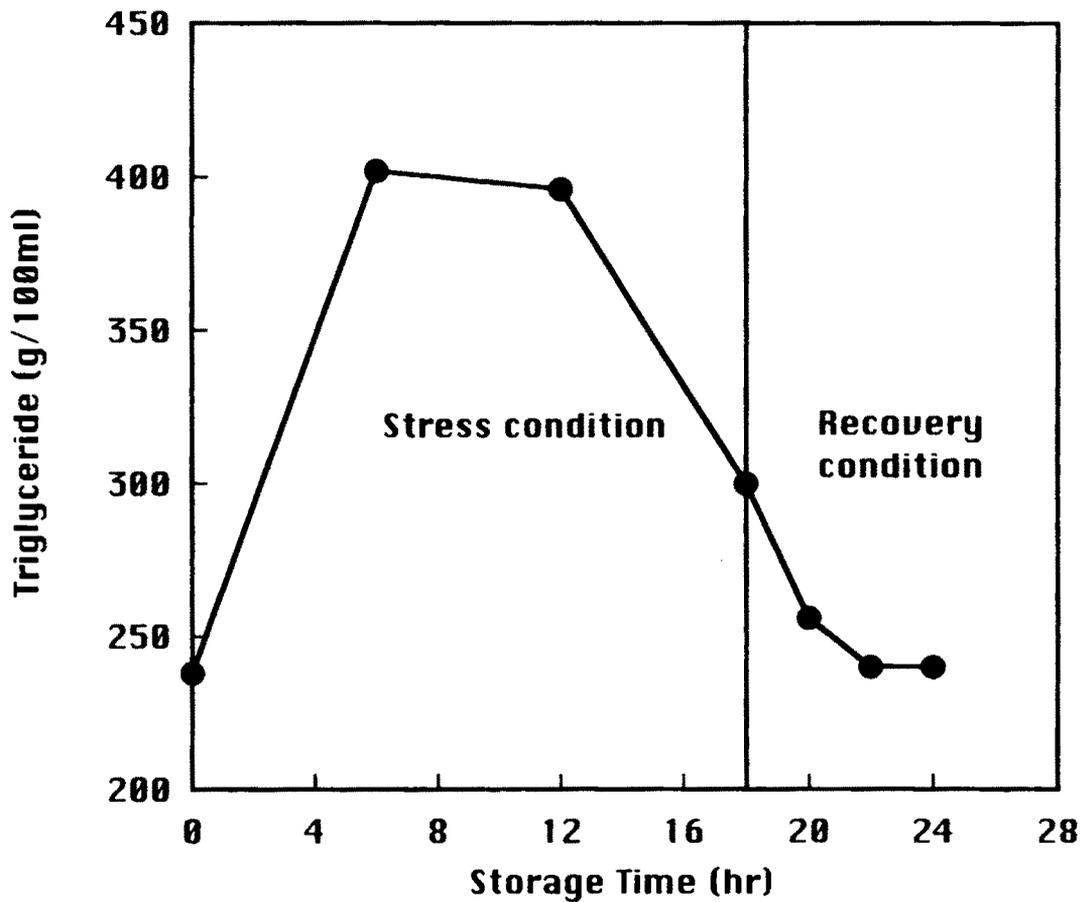


Fig.4-3-11. Changes on triglyceride content in serum of live rock fish during storage in stress condition (10°C, 50% density) and recovery condition (18°C, 5% density).

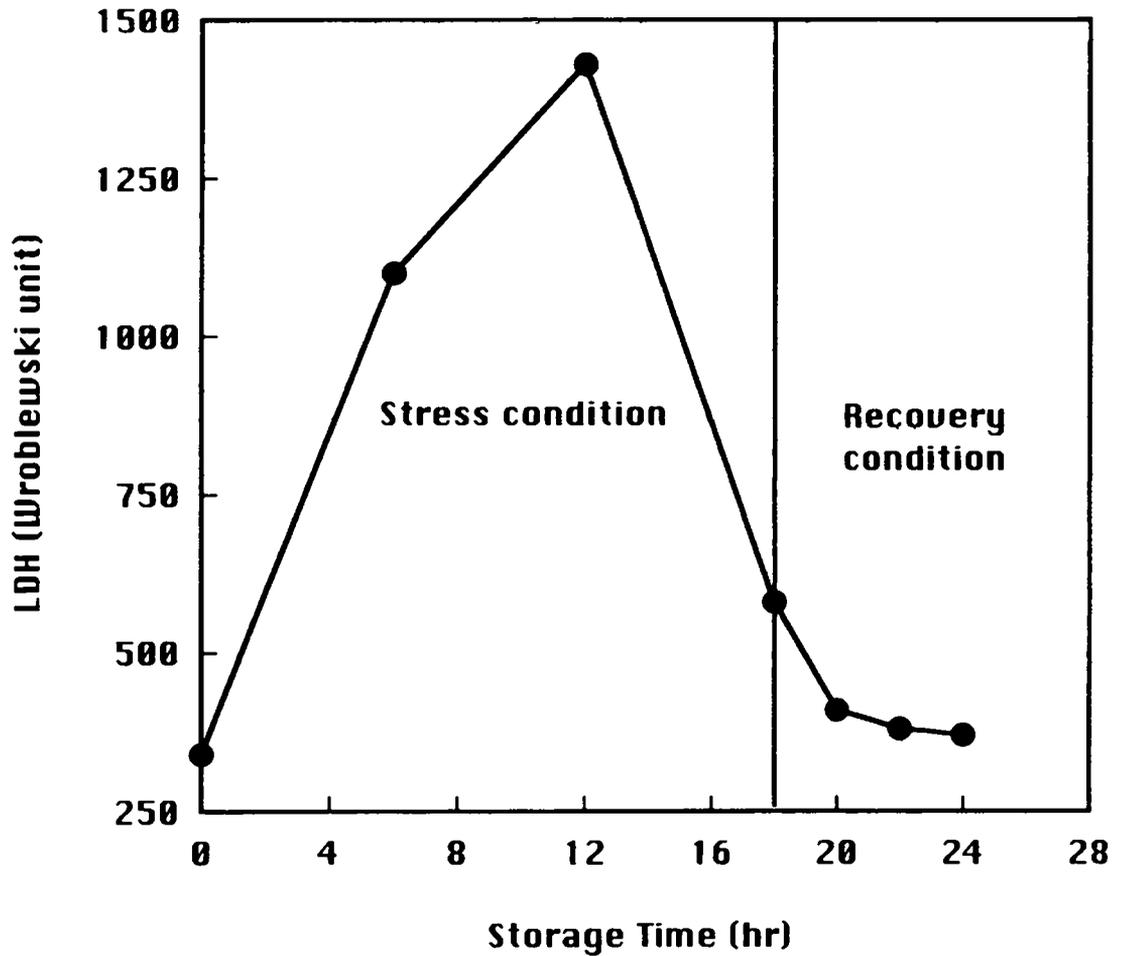


Fig.4-3-12. Changes on LDH(lactate dehydrogenase) in serum of live rock fish during storage in stress condition(10°C, 50% density) and recovery condition(18°C, 5% density)

전에서 4시간후에 본래의 값까지 저하하였다.

이상과 같이, 우력을 저온·고밀도 및 회복조건에 저장중에도 혈액성분의 변화가 넓치와 유사하게 저온·고밀도 저장 초기에 급격히 증가하는 결과를 나타내었다. 이와같은 결과는, 우력도 저온·고밀도(10℃,50%)에 의한 stress를 저장초기에는 받지만 저장 12시간 이후에는 저온·고밀도에 어느 정도 적응함을 시사하는 것으로 판단된다.

나. 근육 성분의 변화

사후의 어육 중에 ATP관련물질 및 유산량의 증감에 대한 보고는 많지만(岩本·山中, 1986; 김·조; 1992). 활어 상태에서 stress반응에 따른 이들 성분의 변화에 대한 보고는 Tomlinson et al. (1961)이 휴식어 및 피로어에 대하여, 山光·板澤(1988)가 급격한 수온의 저하가 잉어의 심전도 및 호흡 기능에 미치는 영향에 대하여, 古庄등(1988)이 보리새우 저장중의 변화에 대하여, 조·김(1994)은 퇴래어의 저온고밀도 수송시의 변화에 대하여, 조 등(1994)이 넓치를 spray하면서 무수상태로 저온에 저장시에 근육성분의 변화에 대한 것 등이 발표되어 있다.

상기 “가”항의 혈액성분 변화의 실험방법과 동일한 조건으로 저장 중에 각종 단계에서 근육성분(ATP관련물질 및 유산량)의 변화를 측정한 결과를 Fig.4-3-13 ~ Fig.4-3-16에 나타내었다.

1) 넓치의 근육성분의 변화

가) 유산량의 변화

생체중에 ATP합성에 관여하는 대사계로서 glycogen 및 glucose를 출발물질로 하는 혐기적 대사인 해당(解糖)을 들 수 있다. Glycogenphosphorylase의 작용에 의하여 glucose-1-인산을 생성하며, 이 1 mole로부터 최종적으로 2 mole의 L-유산 및 3 mole의 ATP가 생성된다.

근육중의 유산함량의 변화(Fig.4-3-13)는 저장직전에 $13.8\mu\text{mole/g}$ 이었던 것이 저장초기에 급격히 증가하여 저장 6시간후에 $26.2\mu\text{mole/g}$ 까지 상승하였으며, 그 이후 감소하여 저장 12시간 후에 $20.3\mu\text{mole/g}$, 그리고 18시간 후에는 초기값까지 감소하였다.

근육중의 유산량의 증가에 대하여 Witlenkerger등(1975)은 조직중에 혐기적 해당이 촉진되어서 유산의 생성이 빨라진다고 보고하고 있다. 趙등은 넙치를 spray저장시(1994), 그리고 장어를 저온·고밀도로 저장시(1996)에도 근육중의 유산량이 증가한다고 보고하고 있다.

나) ATP관련물질

근육의 사후변화와 ATP함량의 사이에는 밀접한 관계가 있으며, 근육중의 $\text{ATP}\rightarrow\text{ADP}\rightarrow\text{AMP}\rightarrow\text{IMP}\rightarrow\text{HxR}\rightarrow\text{Hx}$ 의 경로로 분해된다. 각단계의 반응은 관련효소에 의하여 진행되며, 분해속도는 어종에 따라서 차이가 난다. 근육 중의 ATP관련물질의 함량은 적색어와 백색어에 관계없이 대체로 $5\sim 10\mu\text{mole/g}$ 을 나타낸다. 살아 있는 근육은 ATP가 ADP로 분해될 때 발생하는 energy를 운동 energy로 사용하며, 생성된 ADP는 여러 경로로 다시 ATP로 재생된다. 넙치를 저온·고밀도로 저장중에 ATP관련물질의 변화를 Fig.4-3-14에 나타내었다. 저장직전의 ATP함량은 $5.1\mu\text{mole/g}$ 이었으며, 저장 9시간 까지는 거의 일정하였으나, 저장 12.5시간후에 $4.3\mu\text{mole/g}$, 18시간후에 $4.1\mu\text{mole/g}$ 까지 감소하였으며, 회복조건에서는 저장 2시간 후에 본래의 값까지 증가하였다. IMP는 ATP의 변화와 반대의 경향을 나타내었다. 즉, 저장초기에 $0.4\mu\text{mole/g}$ 이었던 것이 저장 9시간후에 $0.7\mu\text{mole/g}$, 12.5시간후에 $1.3\mu\text{mole/g}$, 18시간후에 $1.7\mu\text{mole/g}$ 까지 상승하였다. 그러나, 회복조건에서는 ATP와 유사하게 저장 2시간후에 본래값까지 감소하였다. ADP와 AMP는 저장기간을 통하여 거의 변화가 없었으며, HxR 및 Hx는 검출되지 않았다. 古岩등(1988)이 보리새우의 활력지표로 사용한 $[\text{ATP}/(\text{ATP}+\text{A에}+$

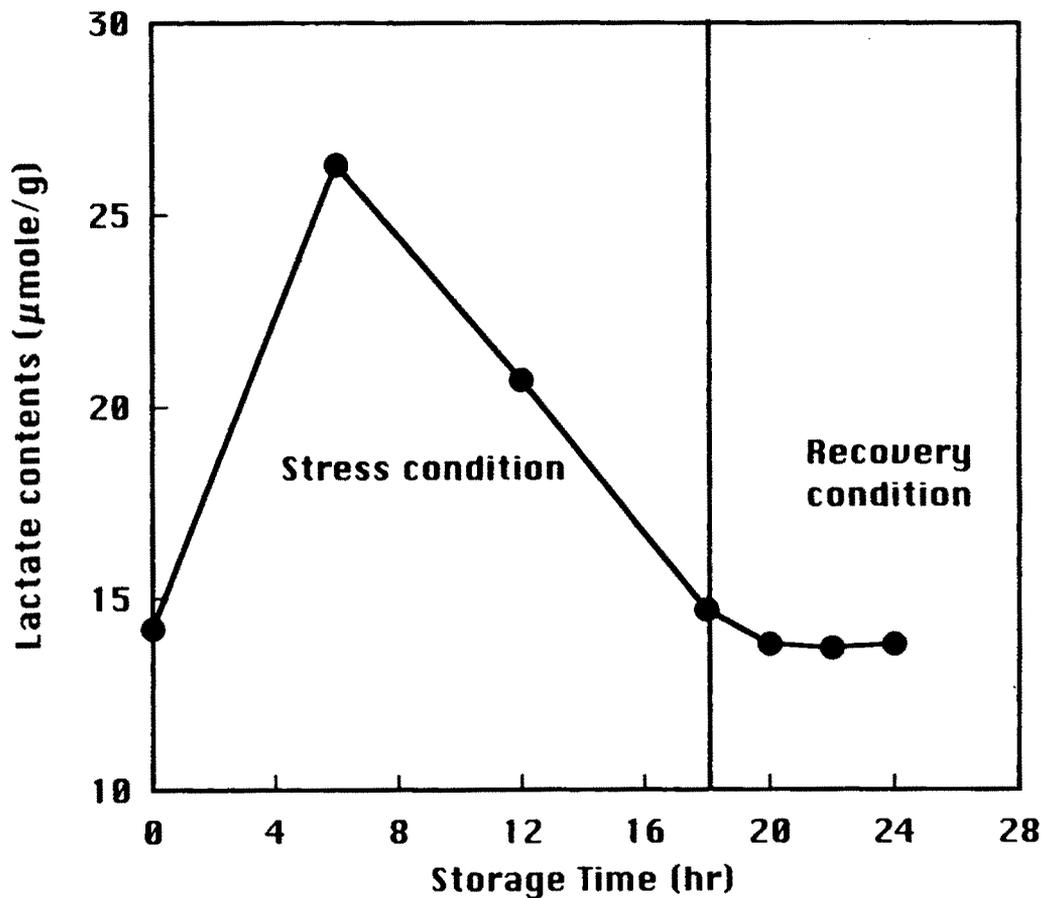


Fig.4-3-13. Changes on lactate content in muscle of live plaice during storage in stress condition(10°C, 50% density) and recovery condition(18°C, 5% density).

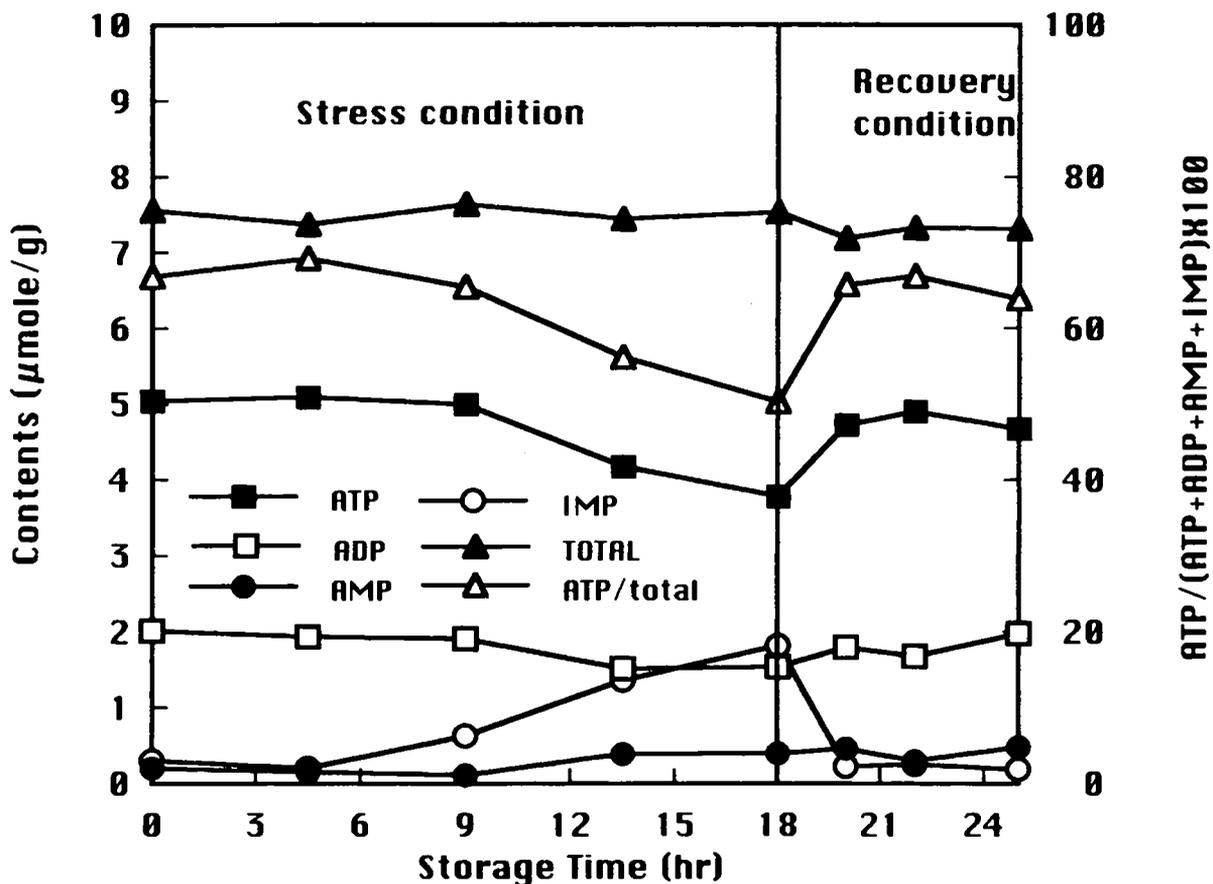


Fig.4-3-14. Changes on ATP and its related compound and ATP/total rates in live plaice muscle during storage in stress condition (10°C, 50%density) and recovery condition(18°C, 5%density).

AMP+IMP)]×100 값의 변화는 ATP변화와 유사한 경향을 나타내었다. 즉 저장초기에 약 64%였던 것이 저온·고밀도 저장 18시간후에는 약 50%까지 감소하였으나, 회복조건에서 2시간 후에 본래값까지 상승하였다.

2)우력의 근육성분의 변화

가) 유산량의 변화

우력의 저온·고밀도 저장중 및 회복조건에서 유산함량의 변화 (Fig.4-3-15)는, 저장직전에 $14.2\mu\text{mole/g}$ 이었던 것이 저장 초기에 급격히 증가하여 6시간후에 $28.6\mu\text{mole/g}$ 까지 상승하였으며, 그 이후로 감소하여 저장 12시간후에 $21.6\mu\text{mole/g}$, 그리고 18시간후에는 $16.6\mu\text{mole/g}$ 이었으며, 회복조건에서 2시간후에 본래의 값까지 감소하였다. 이와같은 결과는 넵치와 유사한 경향이였다.

나) ATP관련물질

우력을 저온·고밀도 저장중에 ATP관련물질의 변화를 Fig.4-3-16에 나타내었다. 저장직전의 ATP함량은 $5.2\mu\text{mole/g}$ 이었으며 저장 6시간후에 서서히 감소하여, 12시간 후에는 $4.8\mu\text{mole/g}$, 18시간 이후에는 $4.0\mu\text{mole/g}$ 이었다. 회복조건에서는 저장 4시간후에 본래값까지 상승하였다. IMP는 ATP의 변화와 반대의 경향을 나타내었다. 즉, 저장직전에 $0.5\mu\text{mole/g}$ 이었던 것이 저장 12시간후에 $1.4\mu\text{mole/g}$, 18시간후에 $2.2\mu\text{mole/g}$ 까지 증가하였다. 그러나, 회복조건에서는 ATP와 유사하게 저장 2시간후에 본래값까지 감소하였다. ADP 및 AMP는 저장기간을 통하여 거의 변화가 없었으며, HxR 및 Hx는 검출되지 않았다. 활력지표값은 저장 직전에 65.8%였던 것이 저장 12시간 후에는 57.8%, 18시간후에는 48.7%까지 감소하였으나, 회복조건에서 4시간후에 본래의 값까지 상승하였다.

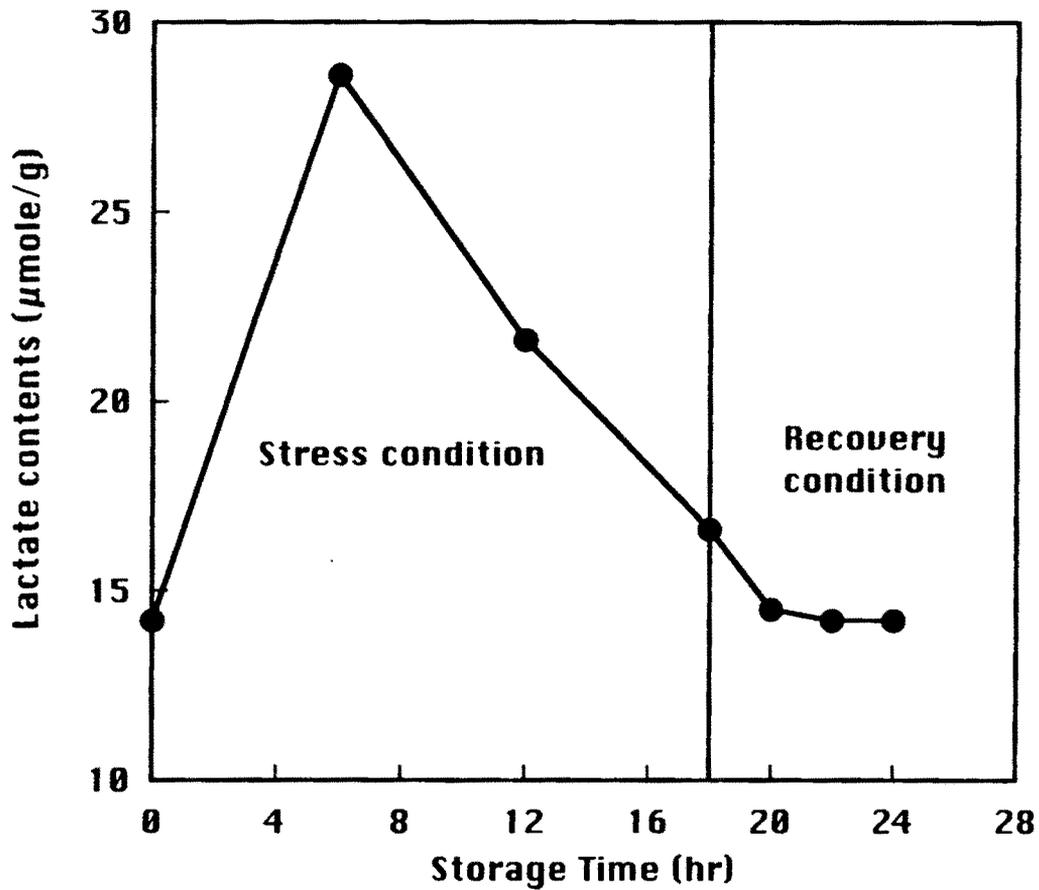


Fig.4-3-15. Changes on lactate content in muscle of live rock fish during storage in stress condition(10°C, 50% density) and recovery condition(18°C, 5% density).

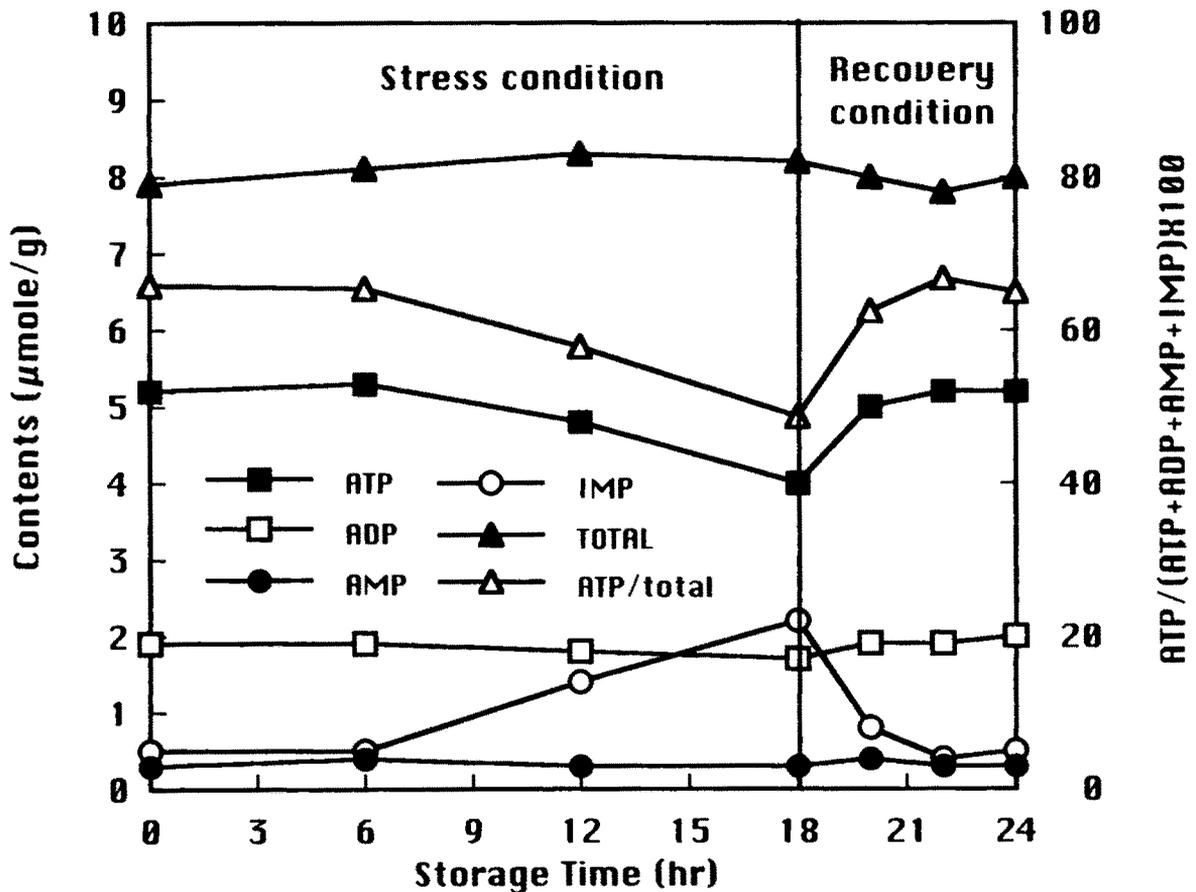


Fig.4-3-16. Changes on ATP and its related compound and ATP/total rates in live rock fish muscle during storage in stress condition (10°C, 50%density) and recovery condition (18°C, 5%density).

참 고 문 헌

Barker, S. B. and W. Summerson. 1941. The colorimetric determination of lactic acid in biological material. J. Biol. Chem., 138, 538-540.

Birnbaum, M. J., J. Schultz and J. N. Fain. 1976. Hormone-stimulated glycogenolysis in isolated goldfish hepatocytes. Am. J. Physiol., 231, 191-197.

Dejours P. 1975. Principles of comparative respiration physiology. North-Holland Publ. Comp., Amsterdam, 253-265.

Hayashi, S. and Z. Ooshiro. 1977. Gluconeogenesis in perfused eel liver-Effect of starvation, aminooxyacetate, D-malate and hormones. Mim. Fac. Fish. Kagoshima Univ., 24, 89-95.

Ishioka, H. 1984. Physiological and biochemical studies on the stress responses of the red seabream. *Pagrus major*(Temminck et Schlegel).Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab., No. 17, 76-116.

Iwamoto, M., H. Yamaka, S. Watabe and K. Hashimoto. 1987. Effect of storage temperature on rigor-mortis and ATP degradation in plaice, *Paralichthys olivaceus* muscle. J. Food Sci., 52, 1514-1517.

Lee, E. H., K. S. Oh, C. B. Ahn and J. H. Ha. 1987. Preparation of

powderd smoked-dried mackel soup and its taste compounds. Bull. Korean Fish., Soc., 20(1), 41-51.

Ottolenghi, C., C. Puviani, A. Baruffaldi and L. Blighenti. 1982. "in vivo" effects of insulin on carbohydrate metabolism of catfish(*Ictalurus melas*). Comp. Bio- chem. Physiol., 72A, 35-41.

Schmidt-Nielsen K. 1975. Animal physiology-adaptation and evolution. Cambri- dge U. press, London, 699-714.

Solorzano L. 1969. Determination of Ammonia in Natural waters by the Phenol Hypochloride Method, Limnology and Oceanography. 14, 799-801.

Wittenberger, C., d. coprean and L. Morar. 1975. Studies on the carbohydrate metabolism of the lateral muscles in carp(Influence of polioridzin, insulin and adrenaline). J. Comp. Physiol., 101, 161-172.

Yoshikawa, H., S. Ueno and H. Mitsuda. 1989. Short and long term cold- anesthesia in Carp. Nippon Suisan Gakkaishi, 55(3), 491-498.

古庄眞喜・梅崎祐二・石田宏一・本田 彰. 1988. おがく詰め活きクルマエビにおける筋肉中のATP關聯物質および乳酸の量的變化. 日水誌, 54(7), 1209-1212.

山光後一・板澤靖男. 1988. 急激な水溫の低下がコイ心電圖および呼吸機能に

及ぼす影響. 日水誌, 54(5), 751-759.

池田彌生(1988) : 養殖, 臨時増刊「活魚販賣」, 25(13), 148-151.

山口正男(1980) : マタイ養殖の基礎と實際. 恒星社(日本).

山根昭美(1990): 活魚の氷温輸送, 養殖, 27(1), 67-68.

日本水産學會 (1978) : 水産學シリーズ 24, 魚の呼吸と循環. 恒星社(日本).

日本水産學會 (1982) : 水産學シリーズ 39, 活魚輸送. 恒星社(日本).

諸岡 等 (1966) : 水産研究叢書 14, 活魚輸送. 日本水産資源保護協會.

川本信之. 1977. 魚類生理. 恒星社厚生閣. 東京. 306-317.

清水盟行. 1970. 病態營養學雙書-血液病代謝異常. 日本營養士會篇, 169-289.

김영명 등. 1996. 활어류의 유통기술개선에 관한 연구(1차년도 중간보고서), 한국식품 개발 연구원

조영제. 1996. 저장온도 및 수용밀도에 따른 장어의 생리변화., 농림수산특정과제(현장애로) 위탁연구보고서

조영제 · 김육용. 1994. *Tilapia(Oreochromis niloticus)*의 저온 고밀도 수송

에 관한 기초 연구., 냉동공조공학회지, 13(2), 31-40.

조영제, 김육용, 이남걸, 최영준. 1994. 활어의 무수수송 장치개발을 위한 기초적 연구., 한수지, 27(5), 501-508.

제 5장 즉살활어 생선회의 위생적 안전성분야

제 1 절 서 설

수산식품의 고혈압, 동맥경화, 당뇨병, 뇌졸중 등 소위 성인병 예방에 좋다는 EPA나 DHA가 많이 함유되어 있다는 사실이 밝혀짐으로서, 수산물의 소비증대 현상은 세계적인 추세이다(최,1997). 즉, 생선이나 조개와 같은 어패류에만 존재하는 지방질 성분중에서 docosahexaenoic acid(DHA)라는 지방산 성분이 머리를 좋게 한다는 사실이 밝혀지면서 많은 학자들의 관심도 DHA의 생리작용에 집중되고 있다. 또, 생선기름속에 들어있는 eicosapentaenoic acid(EPA)라는 지방산 성분도 DHA와 함께 여러가지 난치성 성인병을 예방하고 개선할 수 있다고 해서 더욱 화제가 되고 있다. 결국, 생선을 먹으면 머리로 좋아지고 성인병을 예방할 수 있을 뿐만 아니라 노인성 치매도 방지할 수 있다는 사실 때문에 세계의 화제가 되고있는 것도 사실이다(최;1995).

우리나라의 경우, 국민의 동물성 단백질 공급의 약 48%가 수산물에 의존하고 있을 뿐만 아니라(한국수산회, 1996) 교통수단의 발달로 해안지방은 물론 내륙지방까지도 생선회의 소비는 날로 증가하고 있다. 매년 여름철이면 병원성 비브리오균 파동으로 어민 소득 증대에도 큰 손실을 가져오고 있을 뿐만 아니라 우리나라 연안 해수에서는 장염 비브리오균을 비롯한 패혈증 비브리오균이 검출되고 있음은 여러 연구 논문에서 발표되어 왔다(장·김, 1997; 김·장, 1997; 金 등, 1987; 김 등, 1997). 이러한 사실은, 생선회 원료의 위생적인 수송이 생선회의 소비증대는 물론이고 기호식품인 생선회의 위생적인 안전성을 높히는 매우 중요한 연구과제라 할 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 즉살 활어 및 활어의 저온·고밀도 수송중에 위생적

안전성 평가를 실시하여 생선회 원료의 원활한 수송을 돕고자 한다.

제 2 절 즉살활어 생선회의 위생적 안전성

우리나라와 일본 사람들이 전통적으로 즐겨 먹는 생선회는 날로 그 소비가 늘어가고 있는 실정이다. 그런데, 이러한 기호식품을 위생적인 취급의 잘못으로 병원성 비브리오균을 비롯한 각종 식중독세균의 오염우려성은 상재하고 있다.

활어를 즉살·방혈 그리고 마취사·무방혈 상태로 -3℃, 0℃, 5℃, 10℃에 보관하면서, 시간의 경과에 따른 생균수의 변화를 살펴본 결과는 표5-2-1과 같다.

Table 5-2-1 Changes of viable cell count of the muscle by the storage time and temperature.

Treatment	Storage temperature(℃)	Storage time(hr)		
		10	20	30
Spiking with bleeding	-3	<300	<300	<300
	0	<300	<300	<300
	5	<300	<300	<300
	10	<300	<300	320
Anesthesia without bleeding	-3	<300	<300	<300
	0	<300	<300	<300
	5	<300	<300	<300
	10	<300	<300	350

* <300 means less than 30 colonies in plating 0.1g of sample.

표에서 알수 있는 바와 같이, 근육에서의 생균수는 즉살·방혈육이나 마취사·무방혈육에서 처리방법에 따른 차이는 없었으며, -3℃, 0℃, 그리고 5℃에서는 30시간이 경과하여도 근육에서의 균의 증식현상은 나타나지 않

았으며, 10℃ 저장에서는 20시간까지는 5℃에서와 같은 경향으로 균의 증식 현상은 전혀 나타나지 않았으나, 30시간 경과시에는 각각 근육g당 320, 350으로 나타났다. 그러나, 이러한 생균수는 식품위생상 아무 문제가 없는 수준이다. 따라서, 활어를 즉살·방혈 또는 마취사·무방혈 수송시에는 위생적으로 안전하다는 판단을 할 수 있었다. 그리고, 근육중에 병원성 세균인 *Vibrio parahaemolyticus*나 *Salmonella*는 물론 *Staphylococcus aureus* 균도 전혀 검출되지 않았다.

한편, 미국 오레곤 국립대학의 J.S. Lee교수는(1977) 대장균, 장염비브리오, 살모넬라 등의 온도에 따른 발육범위를 table 5-2-2와 같이 보고한 바가 있다.

Table 5-2-2 Growth temperature range of the main food poisoning bacteria

Bacteria	temperature(℃)		
	Minimum	Optimum	Maximum
<i>Escheichia coli</i>	10	35~37	45
<i>V.parahaemolyticus</i>	5~7.8	35~36	42.2
<i>Salmonella</i>	6.7	37	43.8

표에서 알수 있는 바와 같이, 발육 최저온도는 장염비브리오 균이나 살모넬라의 경우 5℃ 이상이고 대장균의 경우는 10℃이므로, -3, 0℃, 그리고 5℃수송에서는 식중독 세균 증식의 가능성이 전혀 없을 뿐만아니라, 10℃로 유지하면서 수송한다고 하여도 위생적으로 별문제가 없음을 알수 있다. 또, 생선 근육에서도 병원성 세균이 전혀 검출되지 않았다. 장등(1977)이 생선육에 병원성 비브리오균을 인위적으로 접종시켜 4℃에서 저

장하면서 시간경과에 따른 균수변화를 측정된 결과, 방어육과 인산완충용액에 접종한 균수는 시간의 경과에 따라서, 감소하는 경향을 보이며, 실제로 4℃에서 20시간이 경과하면 40%이상의 균감소 효과가 있음을 발표하고 있다.

이상의 결과에서 알수 있듯이, 즉살활어를 -3℃, 0℃, 5℃, 10℃에 유지하면서 30시간까지 시간 경과에 따른 균수검사 결과, 그리고 오염 가능성이 있는 병원세균의 경우, 위생적으로 안전하다는 사실을 알수 있었다. 특히, 장염비브리오균은 대량의 균을 섭취하였을 때에 식중독 증세가 나타나는 것으로 알려져 있으므로, 즉살활어를 저온으로 수송시에 위생적으로 아무런 문제가 없는 것으로 판단된다.

제 3 절 활어의 저온·대량수송중의 위생적 안정성

활어를 수송용기에 넣고 0℃와 10℃로 각각 유지하면서 경과 시간별로 용기내의 해수와 활어근육에서의 생균수변화를 측정된 결과는 Table 5-3-1과 같다.

Table 5-3-1. Change of viable cell count of sea water and live fish muscle in the transporting tank by the time.
(count/g or ml)

Sample	Storage temperature	Storage time(hr)			
		5	10	15	20
Sea water in the tank	0℃	70	70	60	58
	10℃	70	72	70	80
Muscle of live fish	0℃	<300	<300	<300	<300
	10℃	<300	<300	<300	<300

※ <300 means less than <30 colonies in plating 0.1g of sample

활어를 10℃이하로 조정된 용기에서 수송할 때에는 저온이기 때문에 활어의 운동량도 적을 뿐만 아니라 호흡량도 적어지므로 근육의 피로도가 크지 않기 때문에, 해수에서 활어의 근육으로 균의 이동도 염려할 정도가 못된다.

Table 5-3-1에서 알 수 있는 바와 같이 해수에서는 0℃에 보관했을 때는 큰폭은 아니지만 생균수가 오히려 감소하는 경향을 나타내었고, 10℃에서는 약간의 증가 추세를 나타내었다. 그러나, 활어의 근육에서는 0℃나 10℃에 관계없이 균의 증식현상이 나타나지 않았다. 뿐만 아니라, 활어의 근육에서는 식중독 세균인 *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio vulnificus*, *Salmonella sp.* *Staphylococcus aureus* 등은 전혀 검출되지 않았다.

넙치의 근육중에 인위적으로 비브리오균을 오염시켜서 10℃에 저장하면서 균수 변화를 살핀본 결과는 Table 5-3-2와 같다.

Table 5-3-2. Changes of *Vibrio parahaemolyticus* numbers in fish muscle during storage at 10℃

Storage time(hr)	Sample numbers	Viable cell count/lg muscle	
		range	average
0	6	$6.1 \times 10^3 \sim 7.2 \times 10^3$	6.5×10^3
2	6	$3.2 \times 10^2 \sim 4.3 \times 10^2$	3.8×10^2
4	6	$3.6 \times 10^2 \sim 7.1 \times 10^2$	4.9×10^2
8	6	$1.1 \times 10^3 \sim 4.0 \times 10^3$	2.8×10^3
12	6	$1.3 \times 10^3 \sim 3.8 \times 10^3$	2.8×10^3
14	6	$2.0 \times 10^3 \sim 4.0 \times 10^3$	3.0×10^3
18	6	$1.6 \times 10^3 \sim 3.9 \times 10^3$	3.2×10^3

근육에 접종된 장염비브리오균은 초기 4시간까지는 약간 감소하는 경향을 보이다가, 8시간 경과후부터 최초균수와 비슷한 경향을 나타낸 이후 18시간이 경과한 후에도 유의할 만한 균의 증식현상은 찾아 볼 수 없었다.

이상의 결과로부터, 활어를 10℃로 대량 수송시에 위생적으로는 아무런 문제가 없는 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

최진호. 1995. 바닷음식을 먹으면 머리가 좋아진다. 자유문화사. pp, 51-194.

최진호. 1997. 건강 100세 김, 미역을 즐겨라. (주)협동문화사. pp, 55-127.

한국수산회. 1996. 수산연감. 동양문화인쇄(주). pp, 174-175.

張東錫. 金成峻. 1977. 腸炎 vibrio菌의 分布 및 生理的 特性에 關한 研究 國立水産振興院研究報告. 19, 7-52.

金榮萬. 張東錫. 1977. 부산연안의 *Vibro parahaemolyticus* 분포에 관한 연구. 釜山水大研報. 17(1,2), 45-54.

金榮萬. 申逸湜. 張東錫. 1987. 한국연안의 *Vibro rubificus* 분포에 관한 연구. 韓水誌 20(6), 591-600.

김신명. 박옥연. 박미연. 김영만. 장동석. 1997. 해수에서 분리된 *Vibro mimicus* SM-9의 생리적 특성 및 저온내성.

Lee, J. S. 1977. Hazard analysis and critical control point applications to the seafood industry. OSU. publication No. ORESU-H-77-001, pp, 8-11

제 6장 즉살활어 냉장수송용기 개발분야

제 2장에서 즉살활어의 냉장수송을 위한 기초조건을 확립하기 위하여 실험한 결과, 치사방법은 마취사, 조리형태는 round상태, 방혈유무는 무방혈이 최적의 조건이었다.

본 장에서는 상기와 같은 상태로 즉살활어를 수송하기 위한 전용의 냉장수송용기 개발을 위하여, 수송용기의 결정, 온도를 강하시키기 위한 냉각매체의 선택 및 냉각매체의 량등에 대하여 검토하였다.

제 1 절 냉각 매체의 종류에 따른 냉각방법

즉살활어 수송을 위한 수송용기를 시판 스티로폼 상자(560x375x255mm, 두께 25mm)를 사용하여, 즉살활어와 냉각매체를 넣고서 온도를 강하시키면서 수송하기위한 활어와 냉각매체 수용량에 대하여 검토하였다. 냉각매체는 시판 ice-pack 및 얼음을 사용하였다.

1. 시판 ice-pack을 이용한 냉각

상기에 예시한 크기의 시판 스티로폼 상자에 마취사·무방혈 활어와 ice pack을 넣고서 수송하기 위한 조건을 검토하였다. 즉, 시판 스티로폼 상자에 일정량의 즉살활어를 넣고서 상온에서 0℃까지 온도를 강하시키고, 또 전체 수송시간인 약 10시간동안 스티로폼 상자내의 온도를 0℃로 유지시키는데 필요한 ice-pack량을 다음과 같이 결정하였다.

가. 외부로부터 스티로폼 상자내로 침입하는 열량 계산

스티로폼 크기 : 560x375x255mm

스티로폼 두께 : 25mm

열전도율 : 0.035 kcal/mh°C

$$Q_1 = K \cdot F \cdot \Delta T$$

여기서 Q_1 은 침입열량, K 는 표면열통과율, F 는 표면적, ΔT 는 온도차를 나타낸다.

$$\begin{aligned} 1) \text{ 열통과율 (K)} &= \frac{\text{방열재열전도율 (kcal/mh}^\circ\text{C)}}{\text{방열재두께 (m)}} \\ &= \frac{0.035}{0.025} = 1.4 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

2) 스티로폼의 표면적(6면)

$$0.56 \times 0.375 \times 2\text{면} = 0.42\text{m}^2$$

$$0.56 \times 0.255 \times 2\text{면} = 0.29\text{m}^2$$

$$0.375 \times 0.255 \times 2\text{면} = 0.19\text{m}^2$$

합계 0.90m²

$$3) \text{ 온도차}(\Delta T, \text{외기온-스티로폼 상자내 온도}) = 25^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C} = 25^\circ\text{C}$$

$$4) Q_1 = 1.4 \times 0.9 \times 25 \times 10\text{시간} = 315\text{kcal}$$

나. 즉살활어 냉각열량 계산

즉살활어 1Kg을 25°C에서 0°C로 냉각시에 제거해야할 열량

$$Q_2 = W \cdot C \cdot \Delta T$$

여기서 Q_2 는 즉살활어를 냉각시에 제거해야할 열량, W 는 즉살활어 중량, ΔT 는 온도차를 나타낸다.

$$Q_2 = 1 \text{ Kg} \times 0.87\text{kcal/1Kg}^\circ\text{C} \times 25^\circ\text{C} = 21.75\text{kcal/Kg}$$

(단, 넙치의 비열은 0.87kcal/Kg°C)

다. 냉각 수송중에 제거해야할 총 열량(10시간 소요)

$$Q_3 = Q_1 + Q_2$$

$$= 315\text{kcal} + (21.75\text{kcal} \times \text{활어수용량})$$

라. 필요한 ice-pack 량

- 1) 외부에서 침입하는 열량제거를 위해 필요한 ice-pack 량 (단, 시판 ice pack 용해잠열은 약 70kcal/ kg)

$$315\text{kcal} \div 70\text{kcal}/1\text{kg} = 4.5\text{kg}$$

- 2) 상온의 활어 1kg을 0°C까지 냉각시키기 위해서 필요한 ice-pack 량

$$21.75 \text{ kcal} \div 70\text{kcal}/1\text{kg} = 0.31 \text{ kg}$$

마. 시판 스티로폼 상자에 수용가능한 즉살 활어 량

- 1) 스티로폼 상자의 내용적 ;

$$0.51(\text{m}) \times 0.32(\text{m}) \times 0.19(\text{m}) = 31 \ell$$

- 2) 필요한 ice-pack 량 ;

$$4) \text{항의 가) + 나) } = 4.5\text{kg} + 0.31\text{kg}/\text{활어 } 1 \text{ kg} \times 18\text{kg} = 10.1\text{kg}$$

- 3) 수용 가능한 즉살 활어 량 ;

$$\text{가)와 나)로부터 계산하면 약 } 18\text{kg}$$

사. 상기 크기의 시판 스티로폼 상자에 활어를 18kg 적재하여 약 10

시간 수송시에 필요한 ice-pack 량 : 약 10kg

- 활어냉각용 ice-pack 량 ;

$$(21.75 \text{ kcal}/\text{kg} \times 18\text{kg}) \div 70\text{kcal}/\text{kg} = 5.59\text{kg}$$

- 수송기간중에 외부로부터 침입열량 제거를 위하여 필요한 ice-pack 량 ;

$$\text{라.항의 1)로부터 ; } 315\text{kcal} \div 70\text{kcal}/\text{kg} = 4.5\text{kg}$$

아. 냉각속도

활어 18kg과 ice-pack을 약 10kg을 함께 스티로폼 상자에 수납후에 냉각속도를 측정한 결과는 Fig.6-1-1과 같다(Photo 6-1-1).

시판 ice-pack을 이용한 즉살활어 수송은 ice-pack의 동결잠열이 얼음보다 적을 뿐만아니라, 한번 사용후에 재사용을 위해서는 수거, 그리고 재 동결하여야 하는 관리상의 문제점이 있다.

2. 쇠빙을 이용한 냉각

Ice-pack을 이용한 냉각방법과 동일하게 열량계산을 하였으며, ice-pack 대신에 쇠빙을 사용하였다.

가. 외부로 부터 스티로폼 상자내로 침입하는 열량 계산

스티로폼 크기 : 560x375x255mm

스티로폼 두께 : 25mm

열전도율 : 0.035 kcal/mh^oC

$$Q_1 = K \cdot F \cdot \Delta T$$

여기서 Q₁은 침입열량, K는 표면열통과율, F는 표면적, ΔT는 온도차를 나타낸다.

$$\begin{aligned} 1) \text{ 열통과율 (K)} &= \frac{\text{방열재열전도율}(kcal/mh^{\circ}C)}{\text{방열재두께}(m)} \\ &= \frac{0.035}{0.025} = 1.4 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^{\circ}C \end{aligned}$$

2) 스티로폼의 표면적(6면)

$$0.56 \times 0.375 \times 2\text{면} = 0.42\text{m}^2$$

$$0.56 \times 0.255 \times 2\text{면} = 0.29\text{m}^2$$

$$0.375 \times 0.255 \times 2\text{면} = 0.19\text{m}^2$$

합계 0.90m²

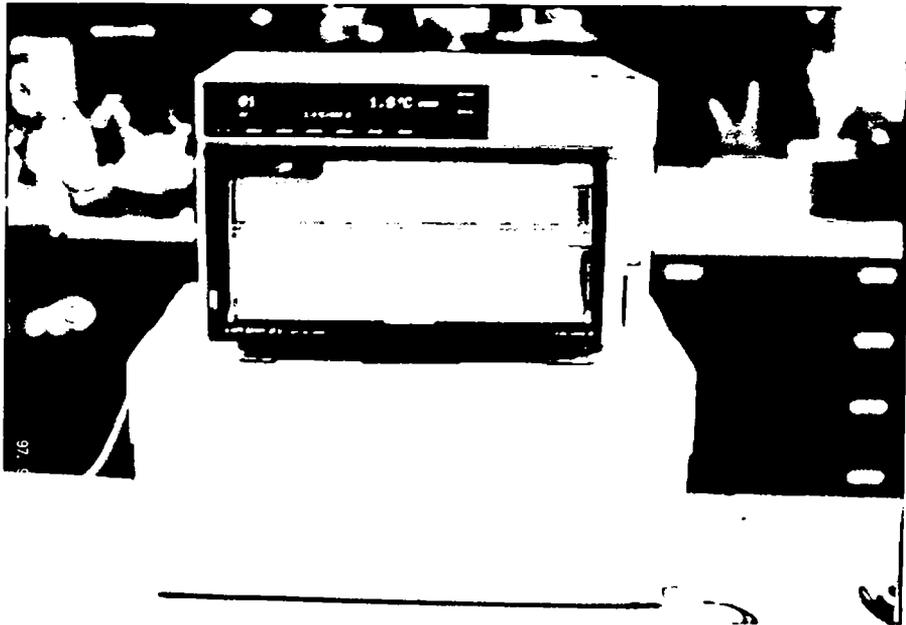


Photo. 6-1-1. Measurement view of cooling speed of fish muscle in container with crush-ice or ice-pack

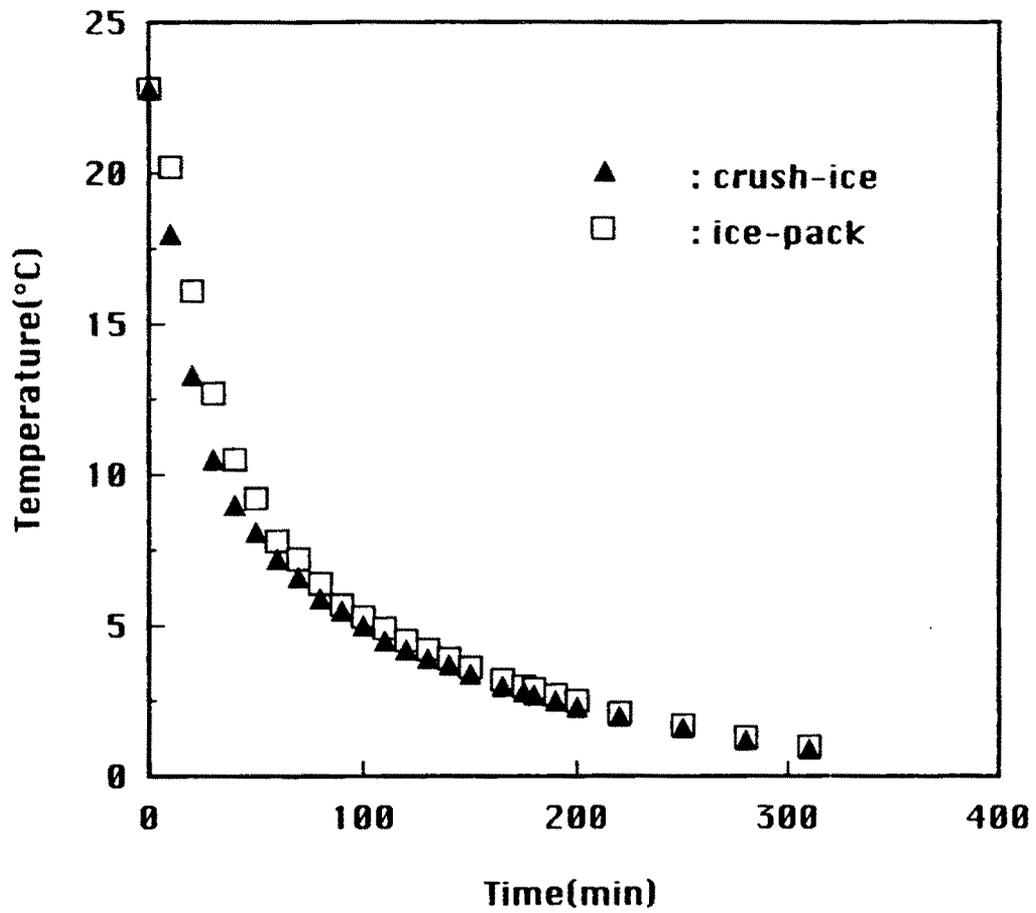


Fig. 6-1-1. Cooling speed of fish muscle in container

다) 온도차(ΔT , 외기온-스티로폼 상자내 온도) = $25^{\circ}\text{C} - 0^{\circ}\text{C} = 25^{\circ}\text{C}$

라) $Q_1 = 1.4 \times 0.9 \times 25 \times 10\text{시간} = 315\text{kcal}$

나. 즉살활어 냉각 열량 계산

즉살활어 1Kg을 25°C 에서 0°C 로 냉각시에 제거해야할 열량

$$Q_2 = W \cdot C \cdot \Delta T$$

여기서 Q_2 는 즉살활어를 냉각시에 제거해야할 열량, W 는 즉살활어 중량, ΔT 는 온도차를 나타낸다.

$$Q_2 = 1 \text{ Kg} \times 0.87\text{kcal}/1\text{Kg}^{\circ}\text{C} \times 25^{\circ}\text{C} = 21.75\text{kcal}/\text{Kg}$$

(단, 넙치의 비열은 $0.87\text{kcal}/\text{Kg}^{\circ}\text{C}$)

다. 냉각 수송중에 제거해야할 총 열량(10시간 소요)

$$Q_3 = Q_1 + Q_2$$

$$= 315\text{kcal} + (21.75\text{kcal} \times \text{활어수송량})$$

라. 필요한 쇄빙량

- 1) 외부에서 침입하는 열량제거를 위해 필요한 쇄빙량 (단, 쇄빙의 용해잠열은 $80\text{kcal}/\text{kg}$)

$$315\text{kcal} \div 80\text{kcal}/1\text{kg} = 3.9\text{kg}$$

- 2) 상온의 활어 1kg을 0°C 까지 냉각시키기 위해서 필요한 쇄빙량

$$21.75 \text{ kcal} \div 80\text{kcal}/1\text{kg} = 0.27 \text{ kg}$$

마. 시판 스티로폼 상자에 수용가능한 즉살 활어량

- 1) 스티로폼 상자의 내용적 ;

$$0.51(\text{m}) \times 0.32(\text{m}) \times 0.19(\text{m}) = 31 \ell$$

- 2) 필요한 쇄빙량 ;

라.항의 1) + 2) = 3.9kg + 0.27kg/활어 1 kg x 19kg = 9.1kg

3) 수용 가능한 즉살 활어량 ;

가)와 나)로부터 계산하면 약 19kg

바. 상기 크기의 시판 스티로폼 상자에 활어를 19kg적재시에 필요한

쇄빙량 : 약 9.1kg

○ 활어냉각용 쇄빙량 ;

$(21.75 \text{ kcal/kg} \times 19\text{kg}) \div 80\text{kcal/kg} = 5.1\text{kg}$

○ 수송기간중에 외부로부터 침입열량 제거를 위하여 필요한 쇄빙량 ;

4)항의 가)로부터 ; $315\text{kcal} \div 80\text{kcal/kg} = 3.9\text{kg}$

사. 냉각속도

활어 21kg과 쇄빙 9.6kg을 함께 스티로폼 상자에 수용후에 냉각속도를 측정한 결과는 Fig.6-1-1과 같다.

쇄빙을 이용한 즉살활어의 수송시에는, 쇄빙은 전국 어디서나 쉽게 구할 수 있으며, 또 용해잠열이 ice-pack 보다 크고, 가격도 저렴하여 재사용의 필요성도 없는 장점을 갖고 있다. 그러나, 얼음이 녹은 용해수가 스티로폼 상자내에 고이는 문제점을 해결해야 할 것이다. 이 문제의 해결방안으로는 스티로폼 상자에 구멍을 내어서 용해수가 흘러내리도록 하는 방법이 있을 것이다.

3. 냉장차를 이용한 냉각

Ice-pack 또는 쇄빙을 이용한 냉각에는 스티로폼을 사용한 독립적인 수송용기로 수송가능한 장점을 갖고 있지만, 이들이 차지하는 부피로 인하여 즉살 활어의 수용면적이 줄어들어 드는 단점, 그리고 재사용시의 관리문제 및

용해수 처리등 해결해야할 몇가지 문제점을 갖고 있다. 냉장차를 이용하는 경우는 즉살 활어의 냉각속도를 임의로 조절이 가능할 뿐만 아니라, 고내온도가 0℃로 유지 가능하므로 스티로폼 상자의 사용도 필요없다. 그러나, 냉장차로 수송시에는 설비비가 증가하는 단점이 있다.

이상의 결과로부터, 현재 단계에서 추천할 수 있는 즉살 활어의 수송방법으로는 썬빙과 즉살활어를 같이 스티로폼 박스에 넣고서, 일반 트럭으로 수송하는 방법이 바람직할 것이다. 그러나, 앞으로 냉장차의 보급이 보편화 되면 냉장차를 이용한 수송법이 바람직한 것으로 판단된다.

제 7장 활어의 저온·고밀도 수송용기 개발분야

제 4장에서 활어의 저온·고밀도 수송을 위한 최적조건을 확립하기 위하여 실험한 결과, 수송적온은 10℃, 수송밀도는 50%까지 가능하였다. 그리고, 수송수온과 생산지 및 활어 보관 수온의 온도차는 10℃가 바람직하며, 하절기에는 15℃까지도 가능하였다. 본장에서는 이와같은 상태로 활어를 저온·고밀도로 수송하기 위하여, 활어수조내 해수의 온도 강하법 및 수송용기에 관하여 검토하였다.

제 1절 활어조내 해수의 수온강하법

활어는 주위 환경의 온도가 낮아지면 산소요구량의 감소와 더불어서 운동량 감소에 의한 배설물 배출량의 감소로 치사량이 줄어들므로 저온대량 수송이 가능하다. 활어조내의 해수의 수온강하 방법으로는 냉동장치 장착에 의한 수온 강하법, 시판 ice-pack을 이용하는 방법, 그리고 얼음 투입에 의한 해수온도 강하법등을 생각할 수 있다.

본절에서는 이들 방법들의 장단점과 실용화방법에 대하여 고찰하고자 한다.

1. 냉동장치에 의한 해수온도 강하방법

활어 수송차의 활어조내의 해수온도 강하방법으로 냉동장치를 이용하는 방법이 가장 간단한 방법일 뿐만 아니라, 임의로 온도 조절이 가능하므로

가장 확실한 방법이다. 냉동장치 장착에 의한 해수온도 강하법은 일본에서는 냉각과 여과가 가능하고 정밀한 산소공급 기능을 갖춘 특수활어 수송트럭을 사용하고 있으나, 국내의 활어수송업 규모의 영세성등으로 일본과 같은 고가의 수송설비 활용이 현실적으로 어렵다. 그리고, 국내의 활어수송거리가 단거리인 점은 일본에서와 같은 고가의 설비비가 드는 특수 활어수송트럭은 불필요한 것으로 판단될 뿐만아니라, 수송중에 흔들림등에 견딜수 있는 전용 냉동장치의 개발, 동력공급을 위한 보조 엔진의 장착등 해결해야할 문제들이 많으므로 냉동장치 장착에 의한 해수온도 강하방법은 현단계에서는 실용화가 불가능한 것으로 판단된다. 국내에서 냉동장치 장착에 의한 활어의 수송방법에 관한 연구로는 1995년 농특과제(현장애로)인 장어통발어선에 냉동장치를 장착하여 수송하는 방법이 연구되어, 냉각 장치를 장착한 장어통발어선의 시험조업으로 상당한 성과를 올리고 있으나, 육상에서 수송트럭에 냉동장치를 장착하기는 여러 가지 어려운 문제점이 있다. 그러나, 축양장내에 설치된 냉동장치로 해수를 냉각시킨 후에 활어조내에 냉각해수를 공급하는 방법으로 하면 상기와 같은 문제점은 해결이 가능하므로 실용화가 가능할 것이다. 이 방법은 냉동장치 설치를 위한 설비비가 들어가는 문제점이 있으나, 앞으로는 이 방법이 가장 확실한 방법이 될 것으로 판단된다.

2. 얼음에 의한 온도 강하법

얼음을 사용하여 활어수송차의 활어조내의 해수온도를 낮출 때에 사용 얼음량에 따른 해수의 온도강하도와 염분농도와의 관계를 표 7-1-1에 나타내었다. 해수온도를 약 10℃ 낮추기 위해서는 활어조 전체 체적중의 약 12%의 얼음이, 그리고 20℃로 낮추기 위해서는 약 20%의 얼음이 필요하다.

그러나, 얼음만을 넣고서 온도를 강하시킬 때는 얼음의 용해로 인하여 해수중의 염분농도가 감소하게 되므로, 염분 농도의 감소에 의하여 활어가

표 7-1-1. 해수와 얼음의 희석비율에 따른 온도강하도

해수량	얼음량	온도강하도	해수중의 염분농도
59	1	1.35℃	2.95%
29	1	2.75℃	2.90%
57	3	4.21℃	2.85%
14	1	5.71℃	2.80%
11	1	7.27℃	2.75%
9	1	8.88℃	2.70%
53	7	10.56℃	2.65%
13	2	12.30℃	2.60%
51	9	14.11℃	2.55%
5	1	16.00℃	2.50%
49	11	17.95℃	2.45%
4	1	20.00℃	2.40%

※ 해수의 염분농도는 3.0% 그리고 얼음의 용해잠열은 80Kcal/kg으로 계산

stress를 받는다. 염분농도에 따른 각종 활어의 stress정도를 표 7-1-2에 나타내었다.

넙치와 우럭은 해수중의 염분농도의 강하에 따라서 외관적으로 stress를 받은 흔적이 뚜렷하게 나타나지 않았으나, 저장 기간이 길어짐에 따라서 거품이 많이 발생하고 또 표피의 색택이 변하는 현상이 나타나는 것은 염분농도의 감소에 의해 활어가 어떤 형태로든지 stress를 받는 것으로 판단된다. 따라서, 저온·고밀도 수송시에는 고밀도 수송에 따른 stress가 더해질 것이므로 얼음 첨가에 의한 염분농도 감소는 어떤 방법으로든지 보완이 되어야 할 것이다. 한편, 오징어는 넙치 및 우럭 보다 염분농도 저하에 따른 stress를 더 많이 받는 것으로 판단되므로, 오징어 수송시에 수온을 낮추기 위하여 얼음을 넣는 것은 오징어에 stress를 주어서 치사시간을 앞당기는 결과가 될 것으로 판단된다.

표 7-1-2. Stress정도 및 치사시간에 미치는 염분농도의 영향

활어 종류	염분 함량	Stress 현상	치사시간
넙치	3.0%	● 아무런 현상이 나타나지 않음	1주일 이상생존
	2.5%	● 표피에 반점이 생겼다가 얼마후에 소실 ● 수송중에 거품발생 ● 지느러미 부분에 붉은 반점발생	1주일 이상생존
우럭	3.0%	● 아무런 현상이 나타나지 않음	1주일 이상생존
	2.5%	● 표피에 반점이 생겼다가 얼마후에 소실 ● 수송중에 거품발생 ● 지느러미 부분에 붉은 반점발생	3일후 치사
오징어	3.0%	● 아무런 현상이 나타나지 않음	24시간후 치사
	2.8%	● 표피가 약간 변하지만 큰 변화는 없음	24시간후 치사
	2.6%	● 거품이 심하게 발생되며 진액분비 ● 표피가 백탁됨	2시간후 치사
	2.4%	● 거품이 심하게 발생되며 진액분비 ● 표피가 백탁됨	1시간후 치사

※ 10℃에서 18시간 각종 염분농도의 해수에 저장후에 15℃ 일반해수에서 저장

가. 얼음첨가에 따른 해수의 염분농도 감소를 시판 식염을 첨가하여 해결

해수온도를 낮추기 위하여 첨가한 얼음의 용해에 의한 해수의 염분농도의 저하를 시판 식염을 첨가하므로써 염분농도를 일정하게 유지할 수 있다. 첨가한 얼음량에 대한 3.5%의 식염을 같이 첨가하여 활어의 stress현상 및 치사 시간을 관찰한 결과, 표 7-1-2에서와 같은 현상은 전혀 관찰되지 않았다.

표 7-1-3 식염첨가에 의한 stress정도

활어 종류	해 수	식염첨가	치사시간
넙 치	아무런 현상이 나타나지 않음	아무런 현상이 나타나지 않음	1주일이상 생존
우 렉	"	"	"
오징어	"	"	24시간이상 생존

※ 15℃에서 저장

제 2절 활어조내의 선반설치

활어의 저온·고밀도 수송시에, 수용밀도가 50% 이상이 되므로 현행과 같이 선반을 설치하지 않고 수용하는 경우에는, 밑바닥에 수용된 활어는 하중 때문에 stress를 받거나 치사하는 경우가 있을 것으로 사료된다. 따라서, 이러한 현상을 막기 위해서는 활어조에 선반을 설치하여 2등분 또는 3등분하여야 할 것이다.

1. 활어조의 크기 및 구조

활어수송에 사용되고 있는 활어차는 일반적으로 1톤, 2.5톤, 5톤트럭이 사용되고 있으며, 각각의 트럭에 맞는 크기의 활어조를 장착하고 있다.

표.7-2-1. 활어조의 크기 및 활어조수

트럭톤수	활어조 크기	활어조수
1톤	1200x735x430mm	4칸
2.5톤	1180x810x500mm	6칸
5톤	1260x995x550mm	8칸

활어조는 FRP 또는 폴리에틸렌으로 만들고 있으며 구조는 Fig.7-2-1과 같다.

2. 선반설치

고밀도 수용으로, 밑바닥에 수용된 활어가 하중으로 인하여 받는 stress를 방지하기 위하여 선반설치가 필요하며, 수용 높이에 따라서 활어가 받는 stress정도를 표 7-2-2에 나타내었다.

표 7-2-2. 활어의 수용높이에 따른 stress현상

수용높이	현상
13cm	stress를 거의 받지않았다
25cm	약간의 stress를 받지만 치사하는 것은 없었다
45cm	stress를 많이 받았으며 치사하는 것이 있었다

그리고, 선반설치 모형을 Fig.7-2-2에 나타내었다.

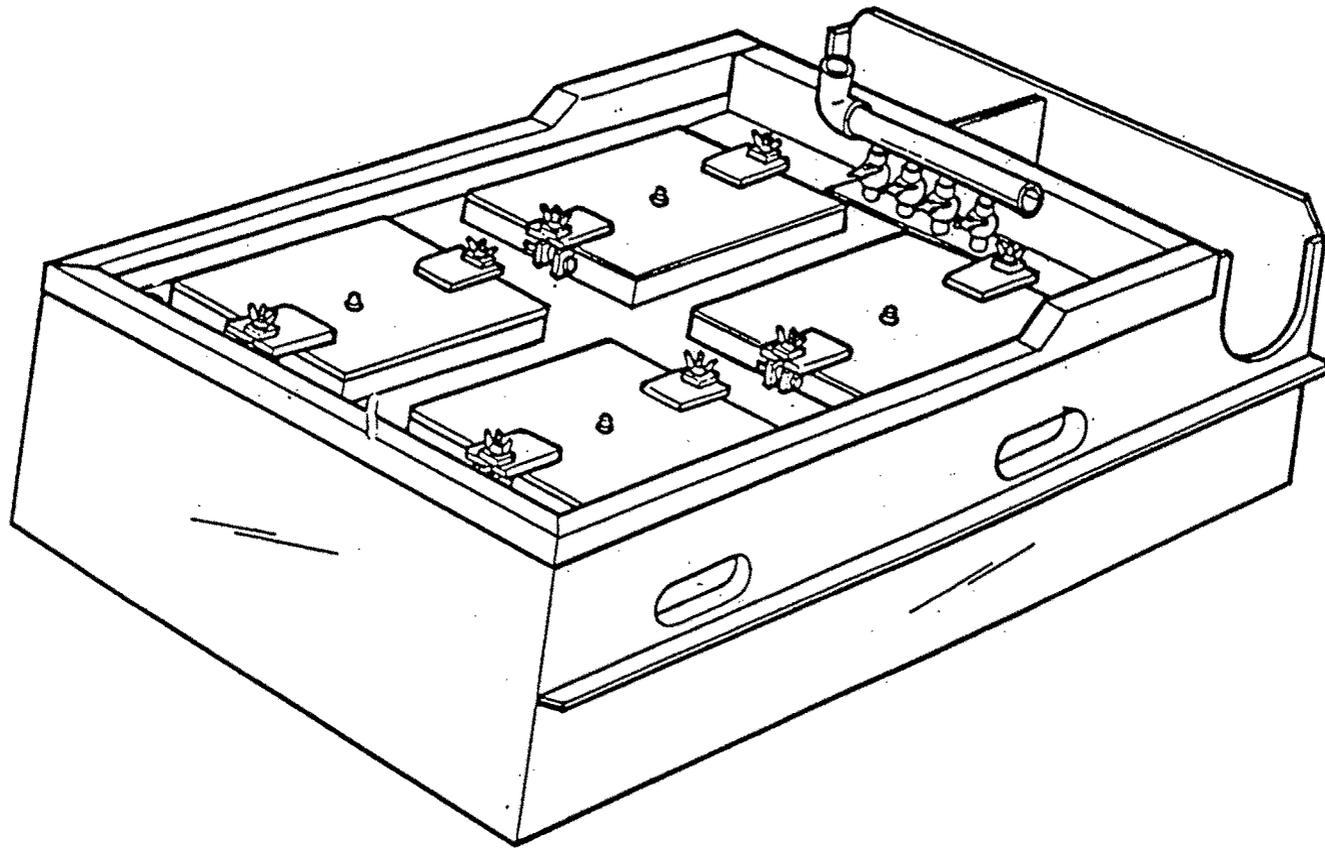


Fig.7-2-1. Container for live fish transportation.

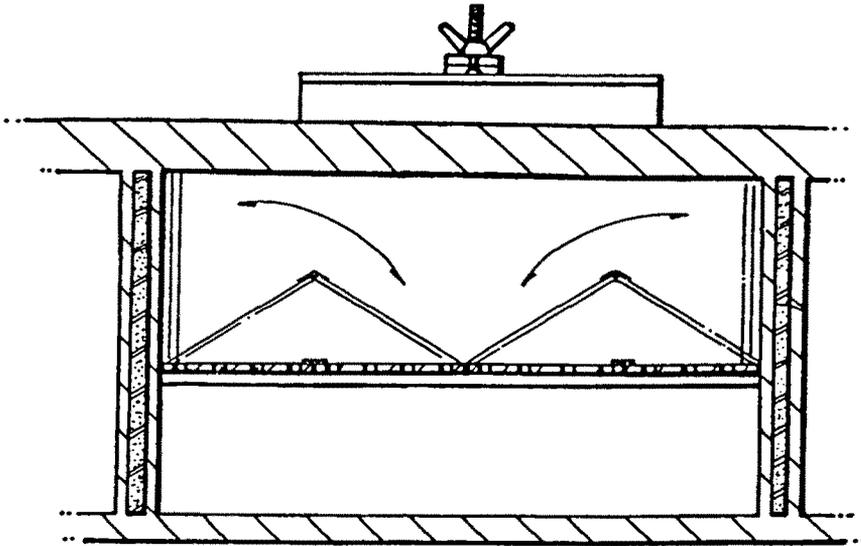
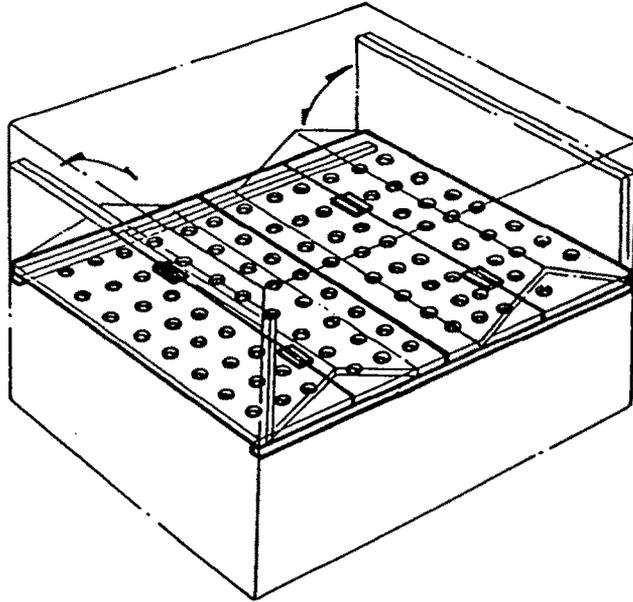


Fig.7-2-2. Model drawing of a shelf in transporting container of live fish.

제 3절 해수온도 강하를 위하여 사용한 얼음 및 소금의 단가계산

활어조내의 온도를 낮추기 위하여 사용한 얼음 그리고 얼음의 용해로 인한 해수의 염분농도 감소를 보완하기 위하여 첨가한 소금의 단가를 계산하면 표 7-3-1~표 7-3-3과 같다. 활어수송 온도와 상온의 수온과의 온도차가 크면 클수록 온도 강하 및 온도 상승시에 활어가 stress를 많이 받으므로 수송온도는 10℃ 정도가 최적으로 판단된다. 따라서, 하절기에는 온도차가 10℃ 이상이 될 것이며, 동절기에는 그 이하가 될 것이다. 예를 들어서, 온도차 10℃로 수송시에 사용한 얼음 및 소금의 단가는 1톤 트럭에서는 8,070원, 2.5톤 트럭에는 15,970원, 5톤 트럭에서는 30,994원의 금액이 추가될 것이다. 그러나, 이러한 추가금액은 활어 수송차에 냉동장치를 장착하는 경우의 냉동장치의 설비비와는 비교도 되지않는 저렴한 금액이며, 또 얼음은 녹아 버리므로 ice-pack을 사용할 때의 보관 및 활어조내의 부피 점유등의 문제가 없다. 그리고, 가장 큰 장점은 상기와 같은 추가 금액으로 활어의 수송밀도로 현행의 2~3배 수송이 가능하다는 것이다.

표 7-3-1. 해수온도 강하를 위해 첨가한 얼음 및 소금의 단가(5℃ 강하)

트럭 중량	해 수		얼 음		소 금		합계 금액 (원)
	양(ℓ)	금액 (원)	양(kg)	금액 (원)	양(kg)	금액 (원)	
1톤 (4칸)	1,388	1,000	92.4	3,053	2.8	933	4,987
2.5톤 (6칸)	2,644	2,500	176.4	5,821	5.3	1,760	10,081
5톤 (8칸)	5,100	5,000	340	11,220	10.24	3,413	19,633

얼음값 : 33,000원/톤, 소금값 : 10,000원/30kg

표 7-3-2. 해수온도 강하를 위해 첨가한 얼음 및 소금의 단가(10℃ 강하)

트럭 중량	해 수		얼 음		소 금		합계 금액 (원)
	양(ℓ)	금액 (원)	양(kg)	금액 (원)	양(kg)	금액 (원)	
1톤 (4칸)	1,316	1,000	164.4	5,427	4.93	1,643	8,070
2.5톤 (6칸)	2,507	2,500	313.2	10,336	9.4	3,134	15,970
5톤 (8칸)	4,836	5,000	604.8	19,947	18.14	6,047	30,994

얼음값 : 33,000원/톤, 소금 : 10,000원/30kg

표 7-3-3. 해수온도 강하를 위해 첨가한 얼음 및 소금의 단가(15℃ 강하)

트럭 중량	해 수		얼 음		소 금		합계 금액 (원)
	양(ℓ)	금액 (원)	양(kg)	금액 (원)	양(kg)	금액 (원)	
1톤 (4칸)	1,202	1,000	277.6	9,163	8.4	2,800	12,963
2.5톤 (6칸)	2,291	2,500	529.2	17,460	15.9	5,300	25,260
5톤 (8칸)	4,419	5,000	1,021	33,681	30.6	10,213	48,894

얼음값 : 33,000원/톤, 소금 : 10,000원/30kg

제 4절 활어를 저온·고밀도로 수송중에 외기 침입에 의한 해수의 온도상승

활어를 저온(10℃)·고밀도(50%)로 수용하여 생산지에서 소비지까지의 수송소요시간은 국내의 육상수송시에 최대 10시간 정도이다. 이 수송시간 중에 외부로부터 침입열에 의하여 활어조내의 해수의 수온이 상승될 것이다. 특히, 고밀도 수용으로 수송시에 수온상승에 따른 stress 또는 치사의 염려가 있으므로 이러한 문제점은 해결되어야 할 것이다.

1. 수송중에 외기침입에 의한 해수온도 상승계산

가. 1톤 트럭

수조크기 : 1,470 × 2,400 × 400 mm

방열재두께 : 50 mm

열전도율 : 0.035 Kcal/mh℃

$$Q_1 = K \cdot F \cdot \Delta T$$

여기서 Q_1 은 침입열량, K는 표면열통과율, F는 표면적, ΔT 는 온도차를 나타낸다.

$$\begin{aligned} \circ \text{ 열통과율 (K)} &= \frac{\text{방열재열전도율 (Kcal/mh}^\circ\text{C)}}{\text{방열재두께 (m)}} \\ &= \frac{0.035}{0.05} = 0.7 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

○ 표면적(F) : 6면

$$1.47 \times 2.4 \times 2\text{면} = 7.056 \text{ m}^2$$

$$1.47 \times 0.4 \times 2\text{면} = 1.176 \text{ m}^2$$

$$2.4 \times 0.4 \times 2\text{면} = 1.92 \text{ m}^2$$

$$\text{합계 } 10.152\text{m}^2$$

- 온도차(ΔT)= $35^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C} = 20^{\circ}\text{C}$ (단, 외기 온도 ; 35°C)
- $Q_1 = 0.7(\text{Kcal}/\text{m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}) \times 10.2(\text{m}^2) \times 25(^{\circ}\text{C}) \times = 178.5(\text{Kcal}/\text{h})$

따라서, 수송시간이 10시간 소요되는 것으로 가정하면 $178.5(\text{Kcal}/\text{h}) \times 10(\text{hr}) = 1,785 \text{ Kcal}$ 의 열량이 10시간의 수송시간중에 외부에서 수조내로 침입하게 된다. 그러나, 이 침입열량은 수조내의 총부피가 1480(ℓ)인 점을 감안하면, 수조내의 수온은 약 1.2°C 만큼 상승하게 되므로 수송시간중에 외부로부터 침입한 열량에 의한 수조내의 수온상승은 큰 문제가 되지않을 것으로 판단된다.

나. 2.5톤 트럭

수조크기 : $1,600 \times 3,540 \times 500$ (mm)

방열재두께 : 50 (mm)

열전도율 : 0.035 ($\text{Kcal}/\text{mh}^{\circ}\text{C}$)

$$Q_2 = K \cdot F \cdot \Delta T$$

- 열통과율 (K) = $\frac{0.035}{0.05} = 0.7 \text{ Kcal}/\text{m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}$

- 표면적(F) : 6면

$$1.6 \times 3.54 \times 2\text{면} = 11.33\text{m}^2$$

$$1.6 \times 0.5 \times 2\text{면} = 1.6\text{m}^2$$

$$3.54 \times 0.5 \times 2\text{면} = 3.54\text{m}^2$$

$$\text{합 계 } 16.47\text{m}^2$$

- 온도차(ΔT)= $35^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C} = 25^{\circ}\text{C}$ (단, 외기온도 35°C)
- $Q = 0.7(\text{Kcal}/\text{m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}) \times 16.47(\text{m}^2) \times 25(^{\circ}\text{C}) \times = 288.2(\text{Kcal}/\text{hr})$

따라서, 수송시간이 10시간 소요되는 것으로 가정하면 $288.2(\text{Kcal}/\text{hr}) \times 10(\text{hr}) = 2,882 \text{ Kcal}$ 의 열량이 10시간의 수송시간중에 외부에서 수조내

로 침입하게 된다. 그러나, 이 침입열량은 수조내의 총부피가 2,828(ℓ)인 점을 감안하면, 수조내의 수온은 약 1.0℃만큼 상승하게 되므로 수송시간중에 외부로부터 침입한 열량에 의한 수조내의 수온상승은 큰 문제가 되지 않을 것이다.

다. 5톤 트럭

수조크기 : 1,990 × 5040 × 550 (mm)

방열재두께 : 50 (mm)

열전도율 : 0.035 (Kcal/mh℃)

$$Q_3 = K \cdot F \cdot \Delta T$$

○ 열통과율 (K) = $\frac{0.035}{0.05} = 0.7(\text{Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C})$

○ 표면적(F) : 6면

$$1.99 \times 5.04 \times 2\text{면} = 10.03(\text{m}^2)$$

$$1.99 \times 0.55 \times 2\text{면} = 2.19(\text{m}^2)$$

$$5.04 \times 0.55 \times 2\text{면} = 5.54(\text{m}^2)$$

$$17.76(\text{m}^2)$$

○ 온도차(ΔT) = 35℃ - 10℃ = 25℃ (단, 외기온도 35℃)

○ Q = 0.7(Kcal/m²h℃) × 17.76(m²) × 25(℃) × = 310.8(Kcal/hr)

따라서, 수송시간이 10시간 소요되는 것으로 가정하면 310.8(Kcal/hr) × 10(hr) = 3,108 Kcal의 열량이 10시간의 수송시간중에 외부에서 수조내로 침입하게 된다. 그러나, 이 침입열량은 수조내의 총부피가 5,440(ℓ)인 점을 감안하면, 수조내의 수온이 약 0.57℃만큼 상승하게 되므로 수송시간중에 외부로부터 침입한 열량에 의한 수조내의 수온상승은 큰 문제가 되지 않을 것이다.

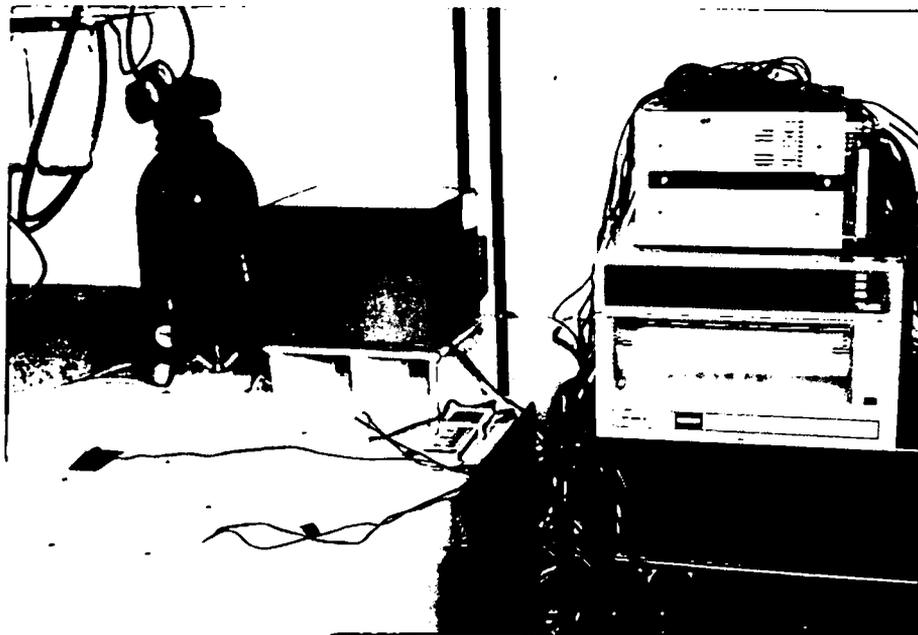
수송시간 10시간중에 외부에서 침입한 열량에 의한 수온상승은 1톤 트럭은 약 1.2℃, 2.5톤 트럭은 약 1.0℃, 그리고 5톤 트럭은 약 0.6℃로, 수송트럭이 클수록 수송조의 표면적의 증가율보다 총부피의 증가율이 크지므로 수송중의 수온상승은 더 적어지게 된다. 그리고, 기온이 낮은 가을에서 봄까지는 온도상승정도는 더 적게된다.

2. 수송중에 외기침입에 의한 해수온도 상승 측정

활어를 저온(10℃)·고밀도(50%)로 수용하여 생산지에서 소비지까지의 수송시간을, 국내 육상수송시에 최대로 걸리는 시간을 약 10시간으로 하고 이 수송시간중에 외부에서 수조내로 침입한 열에 의한 활어조내의 해수온도 상승정도를 측정하였다. 이때 외기 온도는 38℃, 수조는 1톤 트럭의 1칸(크기 735 x 1,200 x 430 mm, 부피 370 ℓ)을 이용하여 각 부위에 온도 sensor를 고정한 후 data logger로 온도 변화를 측정한 결과를 Fig. 7-4-1에 나타내었다. 수조내의 초기 수온은 10.15℃였으며 측정기간 중에 거의 직선적으로 수온이 상승하여 10시간후에 11.8℃가 되어 시간당 약 0.17℃만큼 상승하였다. 이러한 결과는, 저온(10℃)·고밀도(50%)로 수송중에 외기 침입에 의한 수조내의 수온상승으로 활어가 stress를 받거나 치사하는 문제는 야기되지 않을 것으로 판단된다(Photo 7-4-1). 특히, 실제 수송수조는 표면적에 해당하는 부피가 크므로, 상기 1항에서 계산한 바와 같이 10시간의 수송기간중에 약 1.0℃ 만큼(2.5톤 트럭의 경우) 상승하므로, 수온상승에 의한 문제는 없을 것이다.



Photo. 7-4-1. Measurement view of temperature increase cooling water in live fish container.



8

Photo. 7-4-1. Measurement view of temperature increase cooling water in live fish container.

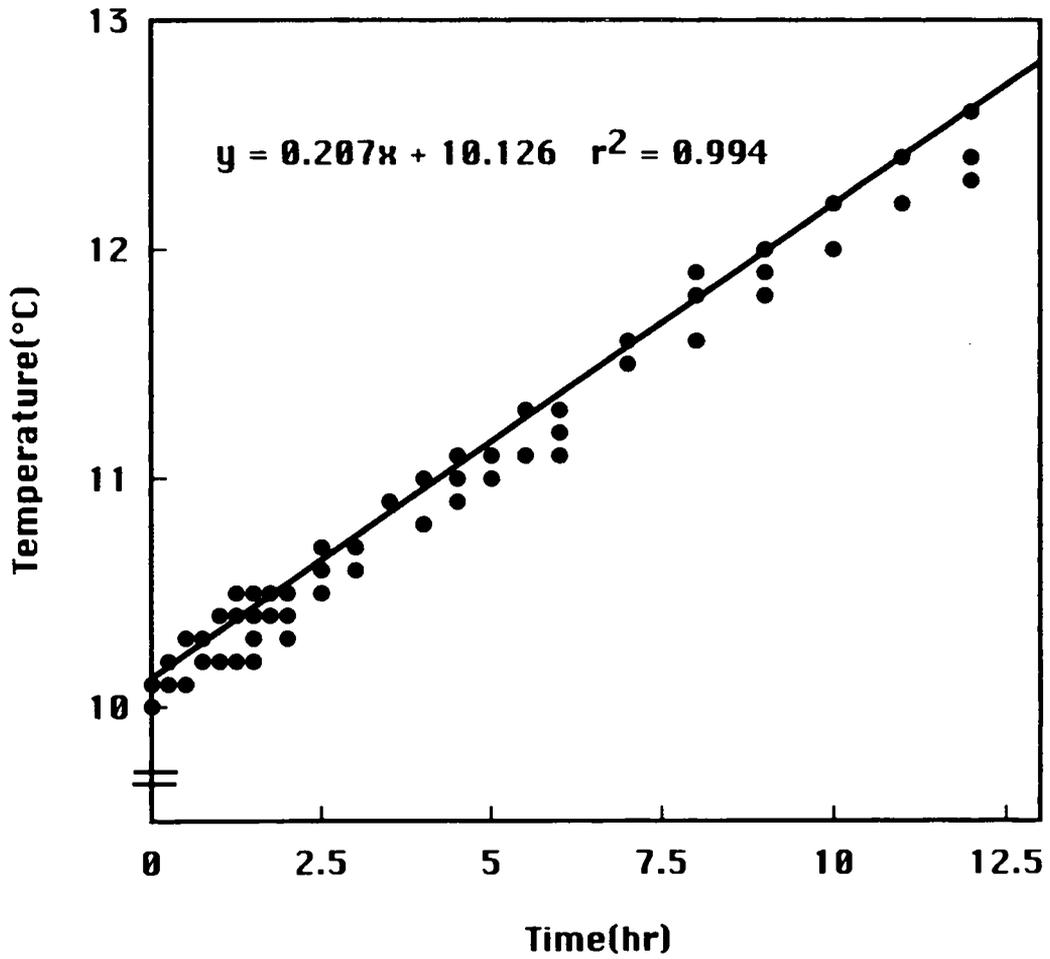


Fig. 7-4-1. Temperature increase line of cooling water in live fish container(initial temperature ; 10.2°C, ambient temperature ; 38°C).

제 8장 실제 수송분야

제 1절 서설

활어를 즉살후에 냉장 수송하는 방법의 확립을 위하여, 제 2장의 즉살 활어의 냉장 수송분야에서 저장온도, 치사방법, 조리형태, 방혈 유무, 그리고 냉각전에 生死의 차이가 사후 조기의 넘치육의 물리 화학적인 변화에 미치는 영향을 식품학적인 측면에서 검토하였다. 그 결과, 마취사·무방혈 상태로 0℃에 저장하므로써 저장중에 육질의 쫄깃쫄깃함이 상승할 뿐만 아니라 혀로 느끼는 미각도 상승하며, 생선회의 선도도 가장 오래동안 보존된다는 결과를 얻었다. 그리고, 제 6장의 냉장수송용기 개발분야에서는 마취사·무방혈 생선회를 0℃로 수송하기 위한 용기로서는 시판 시티로폼 상자를 사용하고, 냉각재로는 썰빙을 사용하는 것이 가장 좋다는 결과를 얻었다.

활어를 살아있는 상태로 저온 고밀도 수송하는 방법을 확립하기 위하여, 제 4장의 활어의 저온 고밀도 수송 분야에서는 최적의 수송조건을 결정하기 위한 실험을 하였다. 그 결과, 10℃, 50% 밀도로 수송하면 치사하는 것이 없을 뿐만 아니라 수송중에 활어가 stress를 적게 받으며, 회복 조건에서 빨리 회복된다는 결과를 얻었다. 그리고, 제 7장의 활어의 저온·고밀도 수송용기 개발 분야에서는 활어조내의 수온강하법으로는 얼음을 사용하고, 얼음 사용에 의한 해수의 염분 농도 저하를 시판 소금을 첨가하므로써 해결 가능하다는 결과를 얻었다. 또, 활어조내에 선반을 설치하여, 활어를 고밀도로 수용에 따른 밑부분에 적재된 활어의 stress를 적게 할 수 있다는 결과를 얻었다.

이러한 실험 결과등을 기초로 하여, 본 장에서는 실제 수송 실험을 하면

서 치사 유무 및 외관의 변화등에 대하여 검토하였다.

제 2절 예비 수송실험

1. 즉살활어의 냉장수송

시판 스피로폼 상자(560×375×255mm)에 즉살·방혈 및 마취사·무방혈의 시료(넙치 및 우럭) 18kg과 ice-pack 10kg을 넣은 것을 각각 밀봉하여 수송최대시간인 10시간 동안 상온에서 저장한 후에 시료의 물리 화학적 변화 및 외관의 관찰 그리고, ice pack의 용해 정도 등을 관찰하였다.

10시간 저장후의 육의 물리 화학적 변화는 제1장, 제5절의 방혈 유무가 넙치육의 물리화학적 변화에 미치는 영향의 실험결과와 유사하였다. 즉, 경직도는 4.0%, ATP 함량은 $5.84 \mu\text{mole/g}$, 파괴강도는 $2213.7 \pm 36.3\text{g}$, 유산 함량은 $10.2 \mu\text{mole/g}$ 을 나타내었다. 그리고, 쇠빙은 거의 용해하였으나 약간 남아있었으며, 시료육의 품온은 약 1°C 정도였다.

Photo 8-2-1 및 photo 8-2-2는 ice-pack을 이용한 즉살·방혈 및 마취사·무방혈 활어(넙치 및 우럭)의 냉장 수송을 나타낸 것이다.

2. 활어의 저온·고밀도 수송

가. 넙치의 수송

시판 스티로폼 상자(525 × 370 × 525mm)에 해수 온도가 10°C 가 되게 얼음과 소금을 넣고서 조절한 뒤에 시료 넙치를 밀도가 50%가 되도록 수용하였다. 그리고, 폭기시키면서 10시간 동안 수송하였으며, 수송도중에 치사유무 및 외관을 관찰하였다(Photo 8-2-3).

수송 10시간 이후에 치사하는 것은 없었으며, 저온·고밀도 수송 및 흔들



Photo. 8-2-1. Plaices in container with ice-pack.
a : spike killing with bleeding
b : anesthetic killing without bleeding



Photo. 8-2-2. Rockfishes in container with ice-pack.
a : spike killing with bleeding
b : anesthetic killing without bleeding

림 등에 따른 약간의 stress 현상이 관찰되었다. 즉, 적재 높이를 13cm로 하여 저온·고밀도 수송한 것은 10시간 수송후에 혈액성분인 glucose는 20.4mg/100ml, hemoglobin은 19.6g/100ml, GOT 및 GPT는 각각 32.3 및 20.2, triglyceride는 345mg/100ml, LDH는 680의 값을 나타내었고, 근육의 활성지표값은 49%, 유산함량은 14.6 μ mole/g을 나타내어, 수송전의 활어 보다는 stress를 받는 것으로 나타내었다. 그러나, 회복조건에서 4시간 이후에는 본래의 값으로 회복되었다. 한편, 적재높이가 25cm인 경우는 적재 높이 13cm보다 stress정도는 더높았으나 치사하는 것은 없었다. 즉, 혈액성분인 glucose는 21.6mg/100ml, hemoglobin은 21.0g/100ml, GOT 및 GPT는 각각 34.2 및 21.3, triglyceride는 362mg/100ml, LDH는 740의 값을 나타내었고, 근육의 활성지표값은 46%, 유산함량은 15.4 μ mole/g을 나타내었다. 그리고, 회복조건에서는 4~6시간 이후에는 본래의 값으로 회복되었다.

나. 우력의 수송

넙치의 수송과 같은 방법으로 수송하였으며, 10시간 수송도중에 치사유무 및 외관의 변화를 관찰하였다(Photo 8-2-4).

수송 10시간 이후에 치사하는 것은 없었으며, 저온·고밀도 수송 및 흔들림 등에 따른 약간의 stress 현상이 관찰되었다. 즉, 적재높이 13cm로 하여 저온·고밀도 수송한 것은 10시간 수송후에 혈액성분인 glucose는 20.4mg/100ml, hemoglobin은 19.6g/100ml, GOT 및 GPT는 각각 32.3 및 20.2, triglyceride는 345mg/100ml, LDH는 680의 값을 나타내었고, 근육의 활성지표값은 49%, 유산함량은 14.6 μ mole/g을 나타내어, 수송전의 활어 보다는 높은 값을 나타내었다. 그러나, 회복조건에서 4시간 이후에는 본래의 값으로 회복되었다. 한편, 적재높이가 25cm인 경우는 적재 높이 13cm보다 stress정도는 더높았으나 치사하는 것은 없었다. 즉, 혈액성분인

glucose는 21.6mg/100ml, hemoglobin은 21.0g/100ml, GOT 및 GPT는 각각 34.2 및 21.3, triglyceride는 362mg/100ml, LDH는 740의 값을 나타내었고, 근육의 활성지표값은 46%, 유산함량은 15.4 μ mole/g을 나타내었다. 그리고, 회복조건에서는 4~6시간 이후에는 본래의 값으로 회복되었다.

다. 전어의 수송

전어는 가을철에 가장 맛이 있는 자연산 활어로, 성격이 급하여 수송이 까다로운 어종으로 알려져 있으며, 수송시에 수송 밀도는 4~5%정도가 일반적이다. 넙치 및 우럭을 수송한 용기를 사용하여 적재높이를 13cm으로 하고, 수송밀도를 25%, 수송온도는 10℃로 하였다. 그리고, 전어는 어획후에 순수한 해수보다 담수가 섞인 해수에서 생존기간이 길어지므로 담수와 해수의 비를 6:4로 하였다(Photo 8-2-4).

수송 10시간 동안에 치사정도 및 외관의 변화를 관찰한 결과, 50마리 수송중에 극히 일부인 2마리만이 치사하였고, 나머지 시료는 저온·고밀도의 장기간의 수용 및 수송중에 흔들림 등으로 stress를 받는 것으로 관찰되었으며 수송수의 물이 붉은색을 띠고 있었다. 이러한 현상은 삼투압의 차이 때문인 것으로 추정된다. 그러나, 수송후의 회복조건(20℃, 밀도 5%, 해수:담수 = 4:6)에서는 활발히 유행하였다.

일반적으로 전어는 “하루살이”로 알려져 있으며, 수송후에 생존기간은 하루정도이다. 본실험의 방법으로 수송한 것도 수송후에 하루 이상 생존하는 것은 적었다.

이상의 실험결과로부터, 전어의 수송밀도가 4~5%밖에 되지 않는 일반적인 물차에 의한 수송법보다 본 연구 방법인 저온·고밀도 수송법으로 수송하면 수송밀도를 25% 까지 높힐 수 있으므로, 수송경비의 대폭적인 절감을 가져올 수 있어 실용화가 가능할 것으로 판단된다.



Photo. 8-2-3. Preliminary low temperature-high density transportation of live fish(plaice).



Photo. 8-2-4. Preliminary low temperature-high density transportation of live fish.

a : rockfish

b : gizzard-shad

제 3절 시작품 수조를 사용한 실제 수송실험

1. 즉살 활어의 냉장수송 및 관능평가

시판 스티로폼 상자(560×375×255mm)에 마취사·무방혈의 시료(넙치 및 우럭) 19kg과 채빙을 섞어서 상자에 가득 채우고 밀봉하여 수송실험한 결과, 예비실험과 동일한 결과를 얻었으며, 수송시간이 길어지거나 짧아지는 경우에는 얼음량을 조절하여 수송가능하다. Photo 8-3-1은 실제수송 사진을 나타내었다.

수송후에 회로 조리하여 관능검사를 실시한 결과는 Table 8-3-1에서 Table 8-3-4까지 나타내었다. 즉, 10인의 panel member를 구성하여 즉살·방혈과 마취사·무방혈 활어를 0℃에 저장하면서 저장기간별에 따른 외관, 씹힘성, 맛 및 종합평가를 5단계 평점법으로 평가하였다.

외관은 활어종 그리고 치사방법 및 방혈유무에 관계없이 저장기간이 길어짐에 따라서 감소하는 것으로 나타났다. 회를 먹을 때에 회맛에 가장 큰영향을 미치는 육질의 단단함을 나타내는 씹힘성은, 즉살·방혈에서는 넙치 및 우럭 모두 저장 10시간후에 즉살직후보다 약간 높은 값을 받았는데, 이것은 제 2장 2절의 실험결과와 일치하였다. 그리고, 마취사·무방혈에서는 즉살·방혈보다는 증가가 약간 늦었지만 저장 10시간 및 15시간까지 즉살직후보다 높은 값을 받았다. 이러한 결과도 제 2장 제 5절의 실험결과와 일치하였다. 혀로 느끼는 맛의 평가 결과는 활어종 그리고 치사방법 및 방혈유무에 관계없이 저장기간이 길어짐에 따라서 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 제 2장 2절의 연구결과인, 핵산관련물질인 IMP 및 유리아미노산인 glutamic acid의 증가 및 상승작용에 의한 결과로 생각된다. 종합평가는 씹힘성과 유사한 결과를 나타내었는데, 이것은 씹힘성이 회맛에 가장 큰영향을 미치는 인자임을 시사하는 것이다. 종합평가에서는 어종에 관계없이

마취사·무방혈이 저장 15시간까지 즉살직후와 비슷한 평가값을 받았다.

2. 활어의 저온·고밀도 수송

제 4장의 활어의 저온·고밀도수송분야에서의 실험결과와 제 8장 2절의 예비 수송실험결과를 이용하여, 제작된 시작품의 수조를 사용한 넙치 및 우럭의 실제 수송 실험을 하였다.

Photo 8-3-1 및 photo 8-3-2는 활어를 시작품 수조에 수용하여 실제로 수송하는 전경 및 상태를 나타낸 것이다. 수송후에는 예비실험의 결과와 같이, 저온·고밀도 그리고 수송중에 흔들림 등으로 인하여 stress를 받기 때문에 혈액성분 및 근육성분의 변화가 관찰되었지만, 수송 10시간 동안에 치사하는 것은 없었으며, 수송후의 회복조건에서는 약 4~6시간 후에 혈액 및 근육성분이 본래의 값까지 회복되었다. 그리고, 수송후에는 상온의 수조에서 3일 동안의 판매기간 동안에 치사하는 것은 없었다.

이상의 즉살 활어의 냉장수송 그리고 활어의 저온·고밀도 수송의 실제 수송의 결과로 부터, 즉살활어의 냉장수송은 생선회 체인점에 대량으로 계획 공급하는 수송에 실제로 적용이 가능하다. 또, 활어의 저온·고밀도 수송법은 현행의 물차의 수조에 선반만을 설치하므로써 실용화가 가능하다. 즉, 얼음과 소금만을 넣으면 수조내의 해수온도를 조절할 수 있으므로, 현행의 활어 수송밀도인 15~20%보다 훨씬 높은 50% 이상의 밀도로 수송가능하므로, 수송경비의 대폭적인 절감이 가능할 뿐만 아니라 바로 실용화시킬 수 있는 방법이다.



Photo. 8-3-1. Plaices in container with crush-ice.



Photo. 8-3-2. Rockfishes in container with crush-ice.

Table 8-3-1. Rank for preference on plaice *sashimi* killed by spiking at the head instantly during storage at 0°C.

Panel member r	Apperance				Texture				Taste				Overall acceptance			
	0hr	10hr	15hr	20hr	0hr	10hr	15hr	20hr	0hr	10hr	15hr	20hr	0hr	10hr	15hr	20hr
1	4	3	3	2	4	5	4	2	4	4	5	5	4	5	4	3
2	4	4	4	3	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4	3	5
3	4	3	3	2	4	5	3	2	4	4	4	5	4	4	3	2
4	4	4	4	3	4	5	3	2	4	3	4	4	4	5	4	3
5	4	3	3	2	4	5	3	2	4	4	5	5	4	4	3	2
6	4	3	3	2	4	4	3	1	4	4	5	5	4	4	3	1
7	4	4	3	3	4	4	4	2	4	3	4	4	4	5	4	3
8	4	4	3	2	4	5	4	2	4	4	4	4	4	4	4	2
9	4	4	3	2	4	4	3	2	4	5	5	4	4	4	3	2
10	4	4	3	3	4	4	4	3	4	5	4	4	4	4	4	3
Rank total	40	36	32	24	40	45	35	20	40	40	44	44	40	43	35	22

1:poor, 2:fair, 3:good, 4:very good, 5:excellent

Table 8-3-2. Rank for preference on rockfish *sashimi* killed by spiking at the head instantly during storage at 0°C.

Panel member r	Apperance				Texture				Taste				Overall acceptance			
	0hr	10hr	15hr	20hr	0hr	10hr	15hr	20hr	0hr	10hr	15hr	20hr	0hr	10hr	15hr	20hr
1	4	4	4	3	4	5	4	2	4	4	4	5	4	4	3	2
2	4	4	4	3	4	5	4	3	4	4	5	5	4	5	4	3
3	4	4	3	2	4	5	4	2	4	4	4	4	4	4	3	2
4	4	3	3	2	4	4	3	1	4	4	4	4	4	4	4	3
5	4	4	4	3	4	5	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3
6	4	3	3	2	4	4	3	2	4	4	4	4	4	4	3	2
7	4	4	3	2	4	4	3	2	4	4	4	5	4	5	4	3
8	4	4	3	3	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4	3	2
9	4	4	3	3	4	4	3	1	4	4	4	4	4	4	3	3
10	4	4	4	3	4	5	4	3	4	5	5	5	4	5	4	3
Rank total	40	38	34	26	40	45	36	21	40	41	42	44	40	43	35	26

1:poor, 2:fair, 3:good, 4:very good, 5:excellent

Table 8-3-3. Rank for preference on plaice *sashimi* killed by dipping in anesthetic and non-bleeding during storage at 0°C.

Panel member	Apperance				Texture				Taste				Overall acceptance			
	0hr	10hr	15hr	20hr	0hr	10hr	15hr	20hr	0hr	10hr	15hr	20hr	0hr	10hr	15hr	20hr
1	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3
2	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3
3	4	3	3	2	4	5	4	4	4	4	5	5	4	5	4	3
4	4	4	4	3	4	5	4	4	4	4	4	4	4	5	4	3
5	4	4	3	2	4	4	3	3	4	4	5	5	4	4	4	3
6	4	3	3	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3
7	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4	4	5	4	4	4	3
8	4	4	3	3	4	5	5	4	4	4	4	4	4	4	3	2
9	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3
10	4	4	3	3	4	4	4	3	4	5	5	4	4	4	4	3
Rank total	40	38	35	27	40	43	40	35	40	41	43	43	40	42	39	29

1:poor, 2:fair, 3:good, 4:very good, 5:excellent

Table 8-3-4. Rank for preference on rockfish *sashimi* killed by dipping in anesthetic and non-bleeding during storage at 0°C.

Panel member	Apperance				Texture				Taste				Overall acceptance			
	0hr	10hr	15hr	20hr	0hr	10hr	15hr	20hr	0hr	10hr	15hr	20hr	0hr	10hr	15hr	20hr
1	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4	4	5	4	4	4	3
2	4	4	4	3	4	5	4	4	4	4	4	5	4	4	4	3
3	4	4	3	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3
4	4	4	4	3	4	5	5	4	4	4	4	5	4	5	5	4
5	4	3	3	2	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3
6	4	4	3	2	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	2
7	4	4	4	3	4	5	5	4	4	4	4	4	4	5	4	3
8	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	3
9	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	4	4	4	3
10	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3
Rank total	40	39	36	27	40	43	42	37	40	40	41	44	40	42	42	30

1:poor, 2:fair, 3:good, 4:very good, 5:excellent



Photo. 8-3-3. View of low temperature-high densities transportation of live plaices.

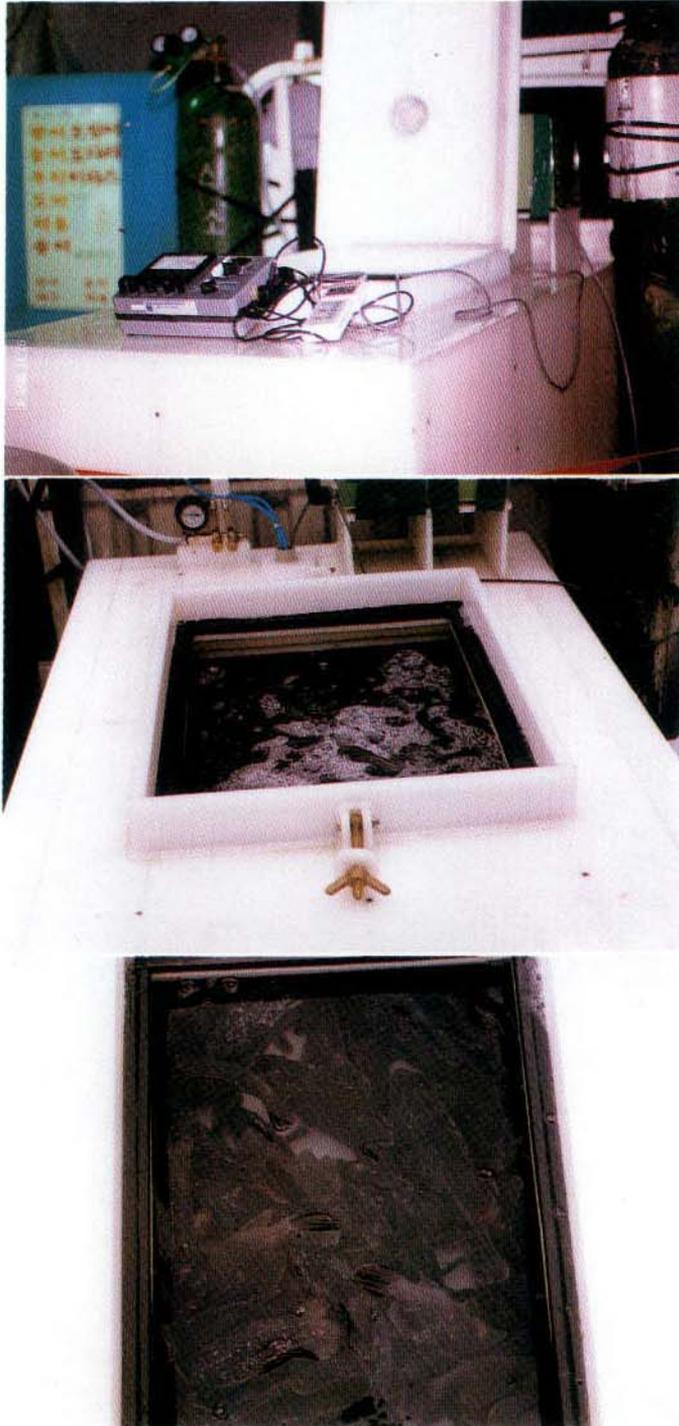


Photo. 8-3-4. View of low temperature-high densities transportation of live rockfishes.