

바다방석고등육의 동결저장중 단백질조성과 근육조직의 변화

송대진[†] · 김창용 · 박환준

제주대학교 식품공학과

Changes of Protein Composition and Muscle Tissues in Top Shell Meat during Frozen Storage

Dae-Jin Song[†], Chang-Yong Kim and Hwan-Joon Park

Dept. of Food Science and Technology, Cheju National University, Cheju 690-756, Korea

Abstract

To investigate the quality changes during frozen storage, top shell, *Omphalius pfeifferi capenteri*, was stored at -18°C , -25°C and -30°C immediately after shelling and water holding capacity, protein composition and histological features were examined with the lapsed period of the storage. During the storage period, amount of free drip was increased with higher frozen temperature and longer frozen period, but with the longer storage period, the lower water holding capacity was observed. The extractability and composition of muscle protein, sarcoplasmic protein and stroma protein were rather stable regardless of frozen temperature and frozen storage period. However, the extractability of myofibrillar protein was decreased with higher frozen temperature and longer frozen storage period. On the changes of muscle tissue structure, following points were observed. 1) In the muscle tissue structure of fresh sample, fine muscle fiber was closely distributed all over the tissue regardless of cross and longitudinal section. 2) In tissue structure under frozen state, it was observed that ice crystals apparently grew with the higher storage temperature. Empty spaces between muscle bundles which were formed by aggregation of muscle fiber were observed after 3 months storage at -18°C . 3) Tissue structure in thawed state was restored satisfactorily after 1 month storage regardless of storage temperature. After 3 months storage at -30°C , muscle tissue was well restored, but at -18°C , empty spaces were apparent due to incomplete restoration.

Key words : top shell, water holding capacity, muscle protein composition, muscle tissue structure, frozen storage

서 론

바다방석고등, *Omphalius pfeifferi capenteri*은 조간대 부근의 수심이 얇은 암초등지에 서식하며 독특한 촉감과 맛을 지닌 복족류에 속하는 일종의 패류이다¹⁾. 그러나 이 패류는 대개 패각과 내장이 있는 그대로 유통되므로 자가소화 등에 의한 변질이 일어나기 쉬우며, 이로 인한 품질변화의 문제가 생기기도 한다.

수산물의 선도유지 및 장기저장 수단으로 동결저장법이 널리 이용되고 있으나 동결저장후 해동하였을 때 일어나는 여러가지 물리, 화학적인 변화가 문제점이

되기도 한다. 동결저장은 저온일수록 품질변화를 최소한으로 줄일 수 있기 때문에 저온으로 하고 있으나 에너지손실의 문제가 있으므로 각 수산물에서의 적합한 동결온도와 저장기간과의 관계에 대하여 다각적으로 연구가 되고 있지만²⁻⁴⁾, 패류의 동결이 품질에 미치는 영향에 관한 연구는 충분히 되어 있지 않다.

본 연구는 제주도 해안에 다량 서식하고 있으며 쉽게 채취할 수 있는 바다방석고등의 수송과 식용의 편리성을 위하여 가식부를 절취한 후 각기 다른 온도 조건으로 동결저장하여 온도와 저장기간에 따른 보수성, 단백질조성 및 용출성, 근육조직의 구조 등 냉동 어패류의 품질과 관계가 깊은 실험을 한 결과, 이 패류의 냉동품에 대한 품질 개선에 기여할 수 있는 유익한 결

[†]To whom all correspondence should be addressed

과를 얻었기에 보고한다.

재료 및 방법

재료

1992년 5월 20일 제주도 탐동 해안에서 직접 채취한 바다방석고둥, *Omphalius pfeifferi capenteri*(평균중량 11g, 평균각고 2.5cm, 평균각장 5cm)을 활패상태에서 패각 및 내장을 제거하고 그 육만을 절취하여 시료로 사용하였다.

동결저장 및 해동

동결저장은 시료를 polyethylene 겹주머니(두께 0.05mm)에 넣어 -18°C , -25°C , -30°C 의 각기 다른 냉동고에서 동결하여 6개월간 저장하였다. 해동은 시료의 중심온도가 $2\sim 3^{\circ}\text{C}$ 될 때까지 5°C 의 냉동고에서 정지공기해동(3~6시간)하였다.

pH 및 유리드립량

pH는 동결상태의 시료육을 세절한 후 막자사발에서 마쇄하고 5배량의 증류수를 가하여 균질화한 다음 pH meter(Corning M 120)를 사용하여 측정하였으며, 유리드립량은 약 2g의 동결시료육을 여지를 칸 페트리접시에 넣어 5°C 냉장고내에 방치하여 정지공기해동한 후, 해동전과 후의 원중량에 대한 감소량의 백분율로 나타내었다.

보수성

田中⁷⁾의 방법에 따라 측정하였다. 곧, 유리드립량 측정후의 시료육을 동양여지 No. 2로 상하로 싸서 유압식압력계를 이용하여 $10\text{kg}/\text{cm}^2$ 으로 2분간 가압한 후 상압가열건조법에 의해 수분량을 측정하고 시료육의 수분량에 대한 백분율로 나타내었다.

단백질의 추출 및 정량

志水와 清水의 방법⁶⁾을 개량한 小長谷⁷⁾의 방법에 따랐다. 즉 세절한 시료 2g을 10ml 인산염 완충액($t, 0.05$; pH 7.5)과 함께 homogenizer(Ultra turrax TP 18/10 S1, Karl Kolb)로 2분간 균질화하고, 원심분리(6,000rpm, 30min)하여 얻어진 상등액중의 질소량을 수용성단백태질소로 하였다. 추출후 잔사에 염용액(10 ml KCl phosphate buffer pH 7.5)을 넣어 균질화하여 얻어진 상등액중의 질소량을 근원섭유단백태질소로 하고 잔사에 0.1N 가성소다용액으로 현탁하여 하룻밤 방치

하고 위와같이 원심분리하여 얻어진 상등액중의 질소를 정량하여 이를 알칼리가용성단백태질소로 하였다. 알칼리 추출후의 잔사중의 질소를 정량하여 이물기질단백태질소로 하였다. 위의 추출을 포함한 방치중의 모든 조작은 5°C 이하에서 행하였으며 질소의 정량은 미량켈달법으로 하였다.

광학현미경표본의 제작

근육조직구조를 관찰하기 위한 현미경표본은 송⁸⁻¹⁰⁾의 방법에 따라 10% formalin 고정-겔라틴 포매(包埋)-시료 block-유리 절편(cryostat microtome, $10\sim 25\mu$)-염색-검경순으로 하였다.

동결시료는 佐野¹¹⁾의 동결치환법에 의하여 -18°C , -25°C 및 -30°C 로 냉각한 10% formalin-alcohol 용액으로 같은 온도의 냉장고에서 2일간 고정하였으며, 해동후의 시료는 생시료와 같은 방법으로 고정하였다.

결과 및 고찰

pH 및 유리드립량의 변화

신선상태, 동결직후, 동결저장 6개월간의 바다방석고둥육의 pH와 유리드립량의 변화를 Fig. 1, 2에 나타내었다. 탈각직후 신선상태의 시료육의 pH는 6.78이었으나(Fig. 1), 저장기간이 길어짐에 따라 점차 증가하는 경향을 보이고 있으며, 저장기간중 전체적으로 6.75~7.2 부근으로 중성의 pH를 유지하였으며, -18°C 와 -25°C 저장에서 보다는 -30°C 저장에서 그 변화폭이 적었다. 위와같은 결과는 송 등¹²⁾의 키조개의 동결저장 및 Granelle와 Josephson¹³⁾의 가리비의 동결저

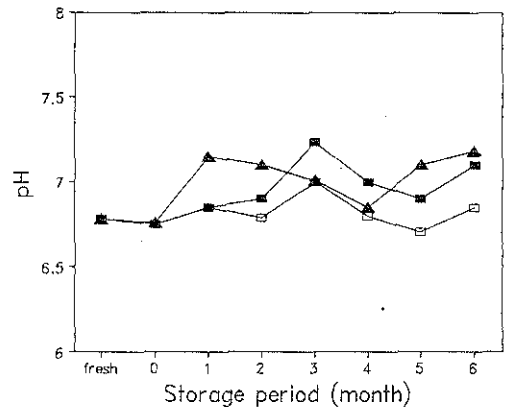


Fig. 1. Changes of pH in top shell muscle during frozen storage.

Stored temperature : \blacktriangle , -18°C ; \blacksquare , -25°C ; \bullet , -30°C

장중에 pH는 거의 변하지 않았다고 하는 결과와 비슷하다고 볼 수 있으며, 송 등의 오분자기¹⁴와 키조개¹²에서의 동결저장중의 pH 측정치보다는 높은 값을 나타내었다.

유리드립량은 동결직후에는 동결온도에 관계없이 6~7%로 비슷하였으나 -18°C, -25°C의 동결저장에서는 2개월째부터 증가하기 시작하여 6개월째에 10% 정도까지 증가하였고, -30°C 동결저장에서는 저장 6개월까지 증가는 하였으나 큰 변화는 보이지 않았다 (Fig. 2). 田中¹⁵는 비교적 높은 온도의 동결저장은 저장 기간이 길어질수록 빙결정의 성장에 의하여 근세포의 위축, 탈수 등이 일어나며 그결과 해동시에 많은 양의 드립이 유출되어 근세포도 복원이 불충분하게 되고 심한 경우는 스펀지화까지 일어난다고 보고하였다. 바다방석고동의 유리드립량은 저장온도에 따라 그리고 저장기간이 길어짐에 따라 유출량에서 차이를 보이고 있으며, 송 등의 소라¹⁶와 오분자기¹⁴의 유리드립량보다는 적은 양이지만 동결온도가 높고 저장기간이 경과한 시료일수록 해동시에 드립량이 증가하는 경향을 나타내었다.

보수성의 변화

보수성의 측정결과는 Fig. 3과 같다. 보수성의 변화는 동결저장기간이 길어질수록 감소하는 경향을 나타내었으며, 저장 6개월 후의 보수성은 -18°C는 47%, -25°C는 52%, -30°C는 60%로서 저장온도가 높을수록 보수성의 저하가 현저하였다. 그러나 바다방석고동의 보수성은 생시료가 70%였고 동결직후에 67%로 떨어지는 현상을 보였는데 탈각직후의 시료를 즉시 동

결하고 해동하는 과정에서 해동경직현상과 함께 weeping으로 유출되어지기 때문이 아닌가 생각되어지며, 패류의 weeping현상은 宋⁸이 전복에서 13%가 되는 것을 보고한 바 있다. 田中⁵는 북양산 냉동명태에서 세포내동결 즉, 근세포내에 미세한 빙결정이 다수 생성되는 쪽이 세포외에 소수의 빙결정을 형성하는 높은 온도의 동결에서보다 보수성이 높다고 하였으며 梅本와 神名¹⁷은 냉동명태에서 보수성의 저하와 단백질용출성의 저하와의 관계에는 유의의 상관성이 있음을 보고하였고, 송 등도 오분자기¹⁴와 키조개¹²의 동결저장중 동결온도가 높고 저장기간이 길어짐에 따라 보수성이 저하한다고 보고하였는데 바다방석고동의 경우에서도 일반 어패류의 동결저장기간중 보수성의 저하와 같은 결과로 생각된다.

단백질조성 및 용출성의 변화

동결저장중 시료육의 단백질조성과 용출성의 변화를 측정된 결과는 Table 1에 나타내었다. 신선한 시료육 단백질 각획분의 조성 및 용출성은 근형질단백태질소가 전질소의 36%, 근원섬유단백태질소가 30%, 알칼리가용성 단백질소가 28%, 기질단백태질소가 6%로 Hashimoto 등¹⁸과 Watabe 등¹⁹이 보고한 일반어류의 단백질조성과는 다르게 나타났다. 근형질단백태질소는 -25°C, -30°C에서의 동결저장시 전 저장기간 동안 거의 변화가 없었으며, -18°C동결저장 3개월째에 약간 감소하였다. 이것은 Fukuda 등²⁰의 심해성어류, Shaban 등²¹의 북양명태고기풀과 새우²², 송 등¹²의 키조개의 동결저장중에 근형질단백질의 용출성에 거의 변화가 없었다는 보고와 비슷한 경향이였다. 근원

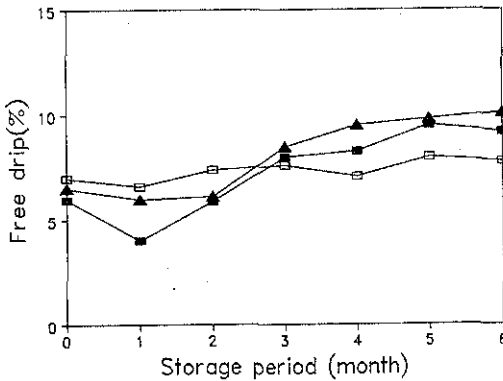


Fig. 2. Changes of the amount of free drip released from top shell muscle when thawed after frozen storage. The symbols are the same as described in legend to Fig. 1.

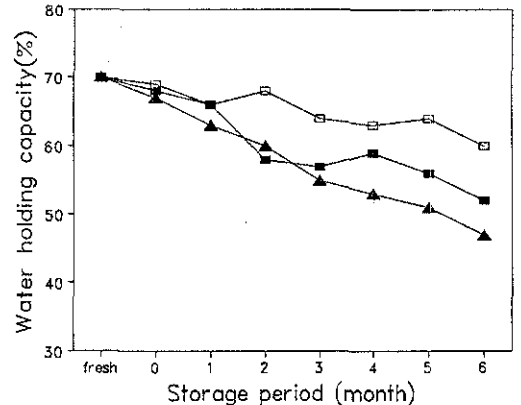


Fig. 3. Changes of water holding capacity in top shell muscle during frozen storage. The symbols are the same as described in legend to Fig. 1.

섬유단백태질소의 용출성은 -25°C , -30°C 저장 6개월째에 전질소의 27~29%를 나타냄으로서 완만한 감소를 보였으나, -18°C 저장에서는 3개월후에 23%까지 감소하였으며 저장말기에는 25%로서 다른 저장 온도에서보다 낮은 용출성을 나타내었다. 그리고 각 저장온도에서 근원섬유단백태질소량이 감소하는 반면에 알칼리가용성 단백질소량은 증가하는 경향을 보였다. 이러한 결과는 송 등¹⁹⁾의 키조개의 동결저장중 -20°C 와 -10°C 저장시의 결과와 일치하였다. Fukuda 등²⁰⁾은 심해성어류에서 -20°C 이상의 온도에서는 저장기간이 길어질수록 근원섬유단백질의 용출성이 감소하였으나 동결후에 저장온도를 낮게 하면 근원섬

유단백질의 변성은 억제되어 육질을 안정하게 장기보존하는 것이 가능하며 동결온도보다는 저장온도가 낮은 쪽이 변성방지에 효과적이라고 보고하여 동결후 저장온도의 중요성을 시사한 바 있다. 한편 기질단백태질소량은 저장기간동안 동결온도에 관계없이 일정하였다.

근육조직구조

바다방석고동의 근육조직구조

바다방석고동의 근육조직을 관찰한 결과는 Fig. 4와 같다. 바다방석고동의 홑착부(photo A)는 근섬유가 아주 가늘고 가장자리로 갈수록 치밀하게 분포하였으며,

Table 1. Variation of protein composition in top shell muscle during frozen storage

(mg N/g muscle)

Sample stored	Temperature stored ($^{\circ}\text{C}$)	Protein composition			
		Sarcoplasmic	Myofibrillar	Alkali soluble	Stroma
Fresh		7.0 (36)*	5.8 (30)	5.4 (28)	1.4 (6)
0 month		6.8 (35)	5.9 (31)	5.2 (27)	1.3 (7)
1 month	-18°C	6.6 (35)	6.0 (32)	5.0 (26)	1.4 (7)
	-25°C	6.7 (35)	5.8 (31)	5.1 (27)	1.4 (7)
	-30°C	6.7 (35)	6.0 (31)	5.3 (27)	1.4 (7)
2 months	-18°C	6.4 (34)	4.4 (29)	5.7 (30)	1.4 (7)
	-25°C	6.6 (35)	5.6 (30)	5.3 (28)	1.5 (7)
	-30°C	6.8 (35)	5.7 (30)	5.3 (28)	1.4 (7)
3 months	-18°C	5.9 (30)	4.1 (23)	6.4 (36)	1.4 (8)
	-25°C	6.0 (34)	4.9 (27)	5.7 (32)	1.3 (7)
	-30°C	6.4 (34)	5.3 (28)	6.0 (31)	1.4 (7)
6 months	18°C	6.5 (34)	4.8 (25)	6.5 (34)	1.4 (7)
	-25°C	6.3 (34)	5.1 (27)	5.9 (31)	1.5 (8)
	-30°C	6.5 (34)	5.5 (29)	5.7 (30)	1.4 (7)

* Numbers in parentheses represent percentage for total nitrogen

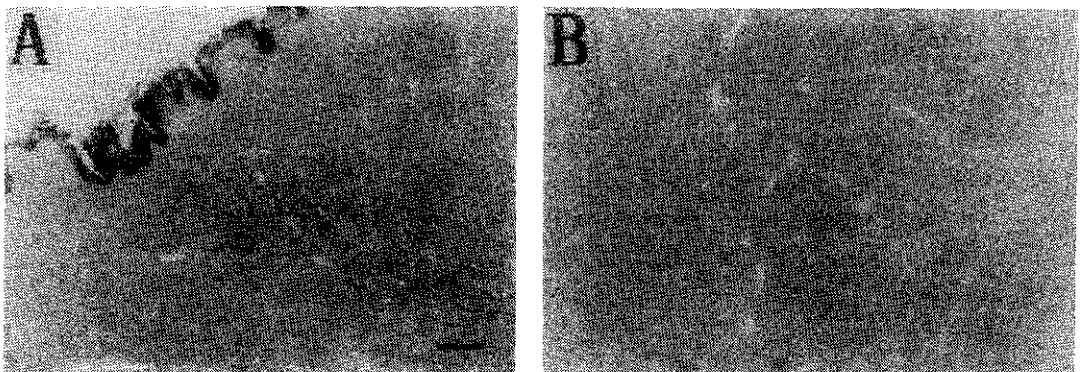


Fig. 4. Micrographs of muscle tissues of fresh top shell.

Photographs were taken by using a light microscope. Photo A shows the cross-sectioned fiber of the epidermal part; photo B shows the longitudinal-sectioned fiber of the inner part. Fibers in the photos reveal typical morphology of the smooth muscle in top shell foot meat. Scale line is $100\mu\text{m}$.

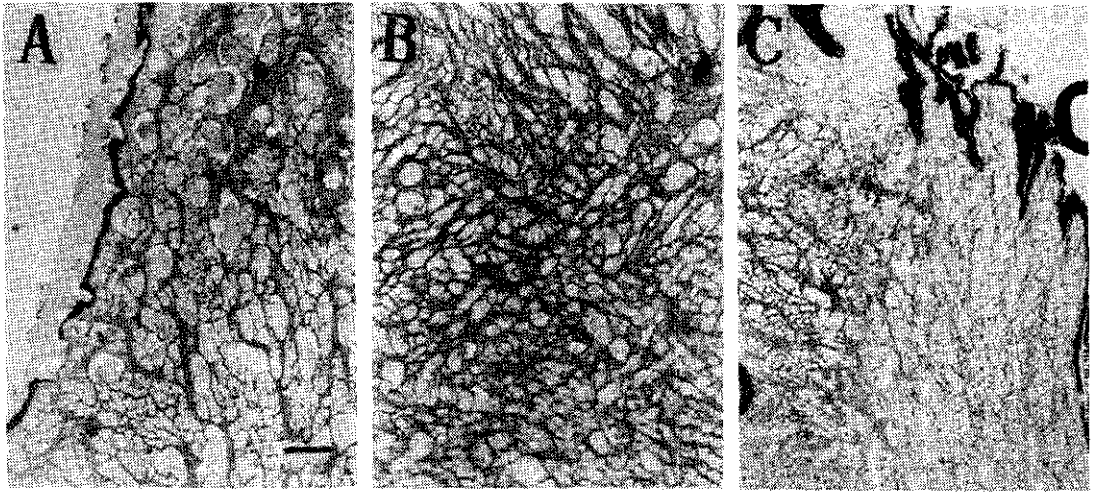


Fig. 5. Histological changes in muscle tissues of top shell after frozen storage for one month.

Photographs were taken by using a light microscope after frozen storage for one month at -18°C (A), -25°C (B) and -30°C (C). The tissue structures show that the growth of ice crystals are bigger with the increase of the storage temperatures (photo A and B). Scale line is $100\mu\text{m}$.

중간부의 근육조직(photo B)은 약간 굵은 근섬유가 zig zag로 서로 얽혀져 있는 상태였다. 즉, 바다방석고둥의 근섬유는 평활근으로 오징어²³⁾, 소라²⁴⁾의 근섬유와 비슷하며 송의 전복⁹⁾, 피조개²⁴⁾, 오분자기¹⁶⁾ 등에 더욱 가까워 아주 가는 $2\sim 3\mu$ 의 근섬유가 횡단면과 종단면의 구분이 없이 zig zag로 치밀하게 배열되어 있고 결체조직이 많은 것이 일반어류와는 달랐다. 木村와 久保²⁵⁾은 전복근육은 부위에 따라 콜라겐함량에 차이가 있어 다량 함유된 주변부는 중앙부보다 훨씬 단단하여 깨물기가 어렵다고 보고하였는데, 바다방석고둥에서도 콜라겐 및 근섬유가 치밀하게 상하, 좌우로 주행하는 것 등의 요인이 합쳐져 신축이 자유로우면서도 독특한 단단함을 갖는 것으로 생각된다.

동결저장 및 해동후의 조직변화

시료육을 -18°C , -25°C , -30°C 로 동결한 직후의 근육조직내에는 동결온도에 관계없이 근세포의 주행 방향을 따라 모두 근세포외에 다수의 작은 빙결정이 생성되어 마치 작은 벌집과 같은 모양을 하고 있었는데, 근세포가 치밀한 곳은 역시 작은 빙결정이 많이 생성하였으며 근섬유의 치밀도가 적은 곳은 비교적 큰 빙결정이 상대적으로 적게 생성되어 있음을 볼 수 있었다. 그리고 동결직후 해동한 시료의 조직에서는 동결시 빙결정의 발생에 의하여 생겼던 근세포외의 공동(空洞)이 없어지고 거의 원래의 상태로 양호하게 복원되었는데 동결속도 즉, 동결온도차에 의한 조직구조상의 차

이는 거의 찾아볼 수 없었다.

각 온도에서 1개월 동결저장후 동결상태의 근육조직을 관찰한 결과는 Fig. 5와 같다. -30°C 의 동결저장에서는 동결직후와 별다른 차이가 없었으나(C), -18°C (A)와 -25°C (B)의 동결저장에서는 동결직후 세포외에 발생한 빙결정은 저장기간이 길어짐에 따라 인접한 빙결정들끼리 합쳐져 크게 되었고 근섬유의 주행 방향에 따라 빙결정이 길어진 빙주상을 형성하고 있으며 이에따라 근섬유끼리 뭉쳐짐이 보이고 있다.

Fig. 6는 각각의 온도에서 1개월 동결저장후 해동한 조직의 구조를 나타내고 있는데, -18°C 에서 1개월 동결저장후 해동조직에서는 저장중에 성장한 빙결정이 해동후 복원이 불충분하여 근섬유 사이에 약간의 벌어진 틈을 보였다(A). -25°C (B)와 -30°C (C)에서 1개월 동결저장후 해동한 조직에서는 생것에서처럼 근섬유가 치밀하게 밀집되어 양호한 복원상태를 나타내었다.

그리고 각각의 온도에서 3개월간 동결저장한 상태의 조직의 변화를 Fig. 7에 나타내었다. -18°C 에서 3개월 저장에서는 저장 1개월째에 성장하였던 빙결정들끼리 더욱 뭉쳐져서 대형의 빙주상으로 되었으며 근섬유끼리의 뭉쳐짐이 현저하였다(A). -25°C 동결에서도 저장 3개월째에 빙결정이 성장한 것을 볼 수 있는데 (B), -18°C 저장에서와 같은 대형의 빙결정은 나타나지 않았다. -30°C 동결에서는 저장 3개월째에 빙결정의 성장은 보이지만 그 정도는 아주 작았다(C).

宋 등²⁶은 피조개의 동결저장중 저장온도가 높을수록 세포외에 생성된 빙결정이 저장기간의 장기화와 더불어 인접한 빙결정끼리 합쳐져 크게 되고 동시에 길게 된다고 보고하였으며, 田中¹⁵는 세포외동결육의 검경 결과에서 thick filament의 두께가 약 1/3로 수축되는 현상에 대하여 세포외동결에 의한 탈수가 장기화됨에 따라 수축되어져 일어나는 것으로 추정한 바 있다. 또한 田中¹⁵는 동결속도의 차이에 따라 생성되는 빙결정의 크기와 위치에 차이가 있다고 보고하였으나 바다방석고동육의 동결상태의 조직은 동결속도 즉, 동결온도의 차이보다는 저장온도와 기간의 차에 따라 동결직후

생성된 세포외 빙결정의 성장에 의해 근섬유의 응집이 일어나는 것으로 생각된다.

Fig. 8에 3개월 동결저장후 해동한 상태의 조직구조를 나타내었다. -30°C 에서 3개월 동결저장한 시료의 해동조직은 다른 저장온도에 비하여 비교적 복원성이 양호하였으나(C) -18°C 에서 3개월 동결저장한 조직에서는 동결저장중 근세포외에 발생하였던 대형의 빙결정이 해동후에도 복원되지 않고 동공으로 남아 근육구조가 허물어지고 근섬유끼리 뭉쳐져 있음을 보이고 있다(A). -25°C 에서 3개월 동결저장한 조직에서도 -18°C 에서 저장한 시료보다는 복원이 양호하지만 역시

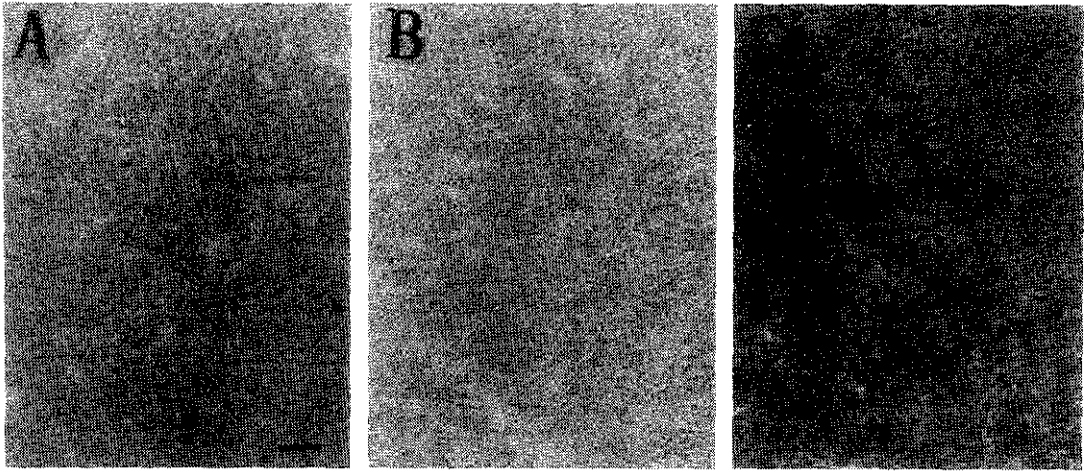


Fig. 6. Histological changes in muscle tissues of thawed top shell after storage for one month.

Photographs show histological changes in muscle tissues of thawed top shell after storage for one month at -18°C (A), -25°C (B) and -30°C (C) by using a light microscope. Photographs show that tissue structures are restored satisfactorily after storage for one month regardless of storage temperatures. Scale line is $100\mu\text{m}$.

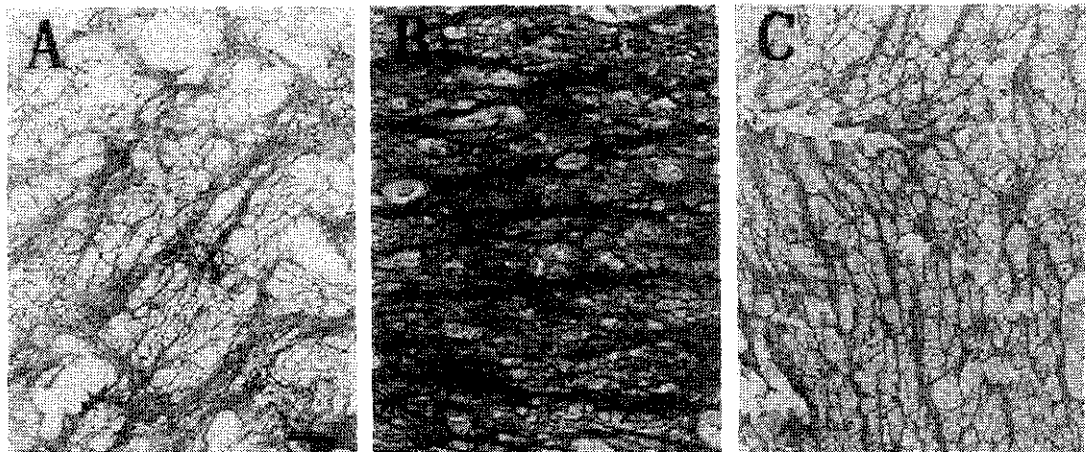


Fig. 7. Histological changes in muscle tissues of top shell after storage for three months.

Photographs were taken by using a light microscope after frozen storage for three months at -18°C (A), -25°C (B) and -30°C (C). Muscle bundles are formed by aggregation of muscle fibers and thereby empty spaces are observed after three months storage at -18°C (A) than -25°C (B) and -30°C (C). Scale line is $100\mu\text{m}$.

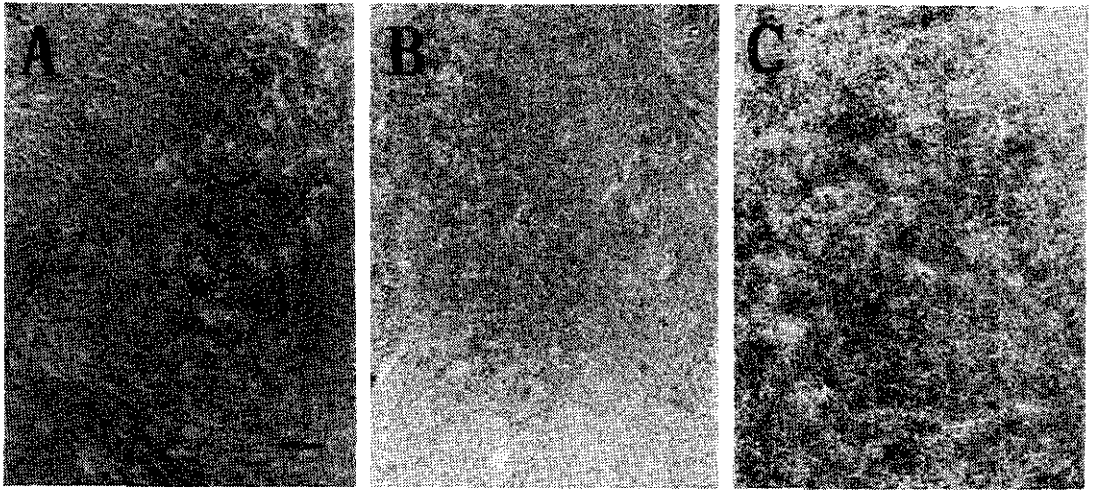


Fig. 8. Histological changes in muscle tissues of thawed top shell after storage for three months. Photographs show muscle tissues of thawed top shell after storage for three months at -18°C (A), -25°C (B) and -30°C (C) by using a light microscope. After three months storage at -30°C (C), muscle tissues are well restored, while at -18°C (A), empty spaces are apparent due to uncompleted restoration. Scale line is $100\mu\text{m}$.

벌어진 틈을 나타내었다(B). 송⁹⁾은 -20°C 에서 3개월 동결한 후 공기해동한 전복의 근육에서 동결에 의해 형성되었던 빙결정의 공간면적이 동결상태보다 많이 없어지고 거의 원래의 상태로 돌아오며 근세포의 파괴는 없었으나 근육조직내의 빙결정의 흔적을 나타내는 구멍이 많이 보이고 특히 심한 경우는 근섬유가 빙결정에 의하여 압박되고 비틀어져 있음을 해동후의 고배율의 사진에서 볼 수 있었다고 보고한 바 있다.

요 약

바다방석고동육의 보수성은 생시료의 경우 70%를 나타내었으며 -30°C 동결저장은 동결직후에 비해서 거의 변화가 없었다. 그러나 동결저장 6개월째에 -18°C 에서는 47%, -25°C 에서는 52%로서 저장기간이 길어질수록 보수성의 저하가 현저하였다. 근육단백질의 용출성은 근형질단백질과 기질단백질은 동결온도와 저장기간에 상관없이 비교적 안정하였으며, 근원섬유단백질의 용출성은 동결저장온도가 높고 저장기간이 장기화할수록 감소하였다. 근육조직구조의 변화에서 바다방석고동의 근섬유는 평행근으로 횡단면과 종단면의 구분이 없이 가느다란 근섬유가 근육조직내에 치밀하게 분포하였는데, 중간부로 갈수록 약간 굵은 근섬유가 zig zag로 열켜져 있는 상태였다. 동결저장중의 조직구조는 동결저장온도가 높을수록 빙결정의 성장을 볼 수 있었으며 -18°C 에서 3개월 저장한 조직에서

는 근세포의 응집에 의해 공간 면적이 넓어지는 경향을 나타내었다. 그리고 해동후의 근육조직구조는 1개월 저장까지는 저장온도에 관계없이 잘 복원되었으며 3개월 저장에서 -30°C 저장의 경우는 잘 복원되었으나 -18°C 에서는 복원 불충분에 의한 공간이 많이 남아 있었다. 이상의 결과에서 탈각후 전처리 한 바다방석고동의 품질보존면에서는 일반 가정용냉동고에 채택되고 있는 -18°C 와 -25°C 의 동결저장온도는 3개월 이하의 저장에 효과적이며, -30°C 에서의 동결저장은 보수성 및 근원섬유단백질의 용출성의 결과에서 비교적 장기저장에 적합한 동결저장온도로 검토되었다.

감사의 글

이 논문은 1992년도 교육부지원 학술진흥재단의 지방대학 육성과제 학술연구조성비에 의하여 연구되었으며 이에 감사사를 드립니다.

문 헌

1. 柳鍾生: 韓國貝類圖鑑. 一志社, p.45(1977)
2. 小嶋秋夫, 大高建夫: 凍結まじりの品質におよぼす保存温度の影響. 日本冷凍協會論文集, 1(1), 63 (1984)
3. 小嶋秋夫, 大高建夫: 凍結まいわし, まさば及びざんまの品質におよぼす貯藏温度の影響. 日本冷凍協會論文集, 2(1), 23(1985)
4. 小嶋秋夫, 大高建夫: 凍結するめいかの品質におよ

- ぼす保存温度の影響. 日本冷凍協會論文集, 3(3), 23 (1986)
5. 田中武夫: 北洋産冷凍スケトウダラの鮮度と品質との關係- I. 肉の組織學的觀察と保水性. 東海水研報, 60, 143 (1969)
 6. 志水寛, 清水旦: 水産動物肉に關する研究 XXVIII. 魚類筋肉の蛋白組成. 日水誌, 26(8), 806 (1960)
 7. 小長谷史郎: 常溫における赤身魚の筋原纖維蛋白質の變性. サゲ肉發生の要因. 東海區水研報, 96, 67 (1978)
 8. 宋大鎮: アワビの品質に及ぼす凍結速度の影響. 冷凍, 48, 5 (1973)
 9. 송대진: 전복의 동결에 관한 연구. 2. 동결에 의한 전복 조직의 변화. 한수지, 11, 91 (1978)
 10. 송대진, 하진환, 이응호: 수산식품의 가공 및 저장중의 조직학적 변화에 관한 연구. 1. 건조에 의한 뱀장어 근육조직의 변화와 지방의 이동. 한수지, 15, 137 (1982)
 11. 佐野豊: 組織學的研究法. 南山堂, 東京, p.117 (1980)
 12. 송대진, 하진환, 강영주: 패류의 냉동에 관한 연구 V. 키조개의 냉동저장에 의한 품질변화. 제주대 논문집, 24, 75 (1987)
 13. Granelle, M. and Josephson, R. V.: Chilled and frozen storage stability of the Duppel-Hinge rock scallop. *J. Food Sci.*, 47, 1654 (1982)
 14. 송대진, 하진환, 김수현: 패류의 냉동에 관한 연구. 4. 오분자기의 동결저장온도에 따른 품질의 변화. 제주대 해자연보, 9, 33 (1985)
 15. 田中武夫: 冷凍ダラ肉のスポンジ化に關する研究. 冷凍, 40, 3 (1965)
 16. 송대진, 하진환, 김수현: 패류의 냉동에 관한 연구. 1. 소라의 동결. 제주대 해자연보, 8, 47 (1984)
 17. 梅本 滋, 神名孝一: 北洋産冷凍スケトウダラの鮮度と品質との關係- II. 肉たん白質の性状の變化. 東海區水研報, 60, 169 (1969)
 18. Hashimoto, K., Watabe, S., Kono, M. and Shiro, K.: Muscle protein composition of sardine and mackerel. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 45 (11), 1435 (1979)
 19. Watabe, S., Ochiai, Y., Kanoh, S. and Hashimoto, K.: Proximate and protein composition of requiem shark muscle. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 49 (2), 265 (1983)
 20. Fukuda, Y., Kakehata, K. and Arai, K.: Denaturation of myofibrillar protein in deep-sea fish by freezing and storage. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 47 (5), 663 (1981)
 21. Shaban, O., Ochiai, Y., Watabe, S. and Hashimoto, K.: Quality changes in Alaska pollock meat paste ("surimi") during frozen storage. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 51 (11), 1853 (1985)
 22. Shaban, O., Ochiai, Y., Watabe, S. and Hashimoto, K.: Quality changes in kuruma prawn during frozen and ice storage. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 53 (2), 291 (1987)
 23. 田中武夫: イカ肉の利用加工に關する組織學および組織化學的研究- I. イカ肉の組織學的特性. 東海區水研報, 20, 77 (1958)
 24. 高橋豊雄, 田中照子: サザエ肉について. 東海水研報, 30, 925 (1961)
 25. 木村茂, 久保多穂: アワビコラーゲンの二, 三の特性について. 日水誌, 34 (10), 925 (1968)
 26. 宋大鎮, 小長谷史郎, 田中武夫: 貝類の冷凍に關する研究-第1報-アカガイ肉の凍結貯藏中における理化學的および組織學的變化. 日本冷凍協會論文集, 1 (1), 79 (1984)

(1993년 7월 20일 접수)