

貝類의 冷凍에 關한 研究 (V)*

—키조개의 冷凍貯藏에 의한 品質變化—

宋大鎮, 河璉桓*, 姜泳周**

Studies on Freezing of Shell—Fish. (V)

—Quality Changes of Pen Shell during Frozen Storage—

Song Dae-jin , Ha Jin-hwan* , Kang Yeung-joo**

Summary

Adductor muscle of pen shell, *Atrina pectinata japonica* were stored in freezing state for 3 months under the temperatures of -10°C , -20°C , and -40°C . Several changes during storage on the quality of the muscle were periodically investigated and the results were as follows:

Free drip, extractable drip, water-holding capacity and hardness all showed certain relationship with pH changes both under -20°C and -40°C while showed apparent increase of drip and decrease of water-holding capacity in the case of -10°C storage.

Mechanically determined hardness was decreased both by freezing itself and continuation of storage.

Extractability of protein showed tendency of decrease from the beginning of storage under -10°C while showed high extractability until 2 months and 3 months in the case of -20°C and -40°C respectively.

However, the fact that paramyosin content was comparatively stable until 3 months storage even in the case of -10°C became clear with the result of S D S electrophoresis and ultracentrifuge analysis.

序 論

가을부터 봄에 걸쳐 남해안에서 어획되어가는 키조개는 대형패이며 後閉殼筋(一名 貝柱)은 고급

水産食品이며 중요한 水産資源의 하나이다. 특히 키조개는 특유의 風味, 肉質, 觸感 등으로 널리 賞味되어지고 있다. 키조개는 대부분이 脫殼貝柱만을 冷凍하여 수출하고 있으며 소량이 국내 시장에서 冷蔵내지는 冷凍된 상태로 流通되어지고 있다.

* 이 논문은 1986년도 문교부 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.

理工大學 教授, 助教授*, 副教授**

키조개의 약식기술에 관하여는 田中(1958), 崔(1981), 柳와 劉등(1984)의 연구가 보여지나 가공이나 貯藏에 관한 연구의 예는 거의 볼 수 없다. 本研究는 貝類의 이용과 관련하여 脫殼키조개의 後閉殼筋(貝柱)을 凍結貯藏하는 경우에 주로 貯藏溫度의 차에 의한 筋肉蛋白質, 保水性, 筋肉의 Texture의 변화등을 검토한 것이다.

材料 및 方法

1. 試料

試料로 사용한 키조개(Pen Shell, *trina pectinata japonica*, 평균중량 210g, 길이 286cm, 높이 137cm)를 活貝로 구입하여 貝殼, 內藏을 제거한 貝柱肉만을 시료로 실험에 사용하였다.

2. 凍結 및 貯藏

시료는 -40°C 의 정지기공동결기에서 동결 후 glazing을 하지 않고 폴리에틸렌 주머니(두께 0.05mm)에 넣어서 -10 , -20 및 -40°C 의 냉장고 안에 넣고 3개월간 동결저장하였다. 시료동결시의 凍結曲線은 Fig.1과 같다.

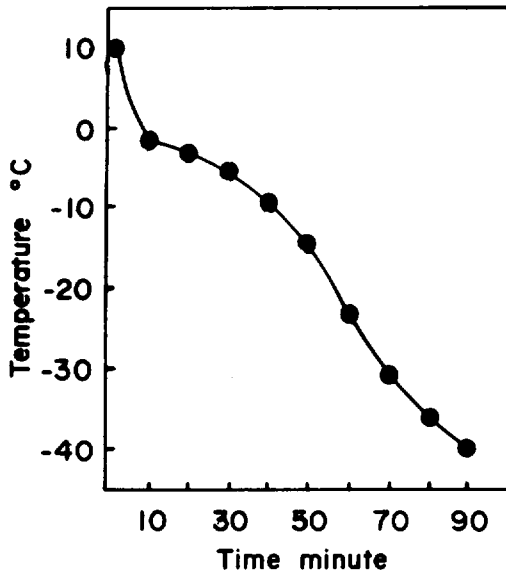


Fig. 1. Freezing curve of pen shell Adductor muscle.

3. 解凍

각 동결 시료는 5°C 의 냉장고(가정용 전기냉장고)안에서 시료의 중심온도가 $2\sim 3^{\circ}\text{C}$ 될 때까지(약 4시간) 정지공기해동을 하였다.

4. 蛋白質의 抽出 및 定量

細切한 시료 2g을 50ml의 인산염완충액(I; 0.5, pH7.5; 志水와 清水 1960, 小長谷 1978)과 함께 Polytron Homogenizer로 Homogenize(2분간, Speed 5)하고, 원심분리(6000×g, 30부)하여 얻어진 上澄液中の 全N과 非蛋白質態N을 정량하고 양자의 차를 水溶性蛋白質態N으로 하였다. 염추출 후의 잔사를 다시 50ml의 0.1N NaOH용액으로 현탁시켜 하루밤 방치한 후 위와같이 원심분리하여 얻어진 上澄液中の N을 정량하여 이를 알칼리 可溶性蛋白質態N으로 하였다. 알칼리 추출 후의 잔사중의 N을 정량하여 이를 基質蛋白質態N으로 하였다. 위의 추출을 포함한 방치중의 모든 조작은 모두 5°C 이하에서 행하였으며 N의 정량은 통상의 Micro Kjeldhal법으로 하였다.

5. Drip 및 保水性的의 측정

遊離drip(自由drip)량은 시료육을 그대로 상온 방치하였을 때 나오는 drip을 측정하였으며 壓出drip 및 保水性は 시료에서 400~600mg의 肉을 切取하여 田中(1969)의 방법에 따라 측정하였다.

6. Hardness의 측정

시료로부터 두께 8mm로 절취한 肉片을 FUDOH REOMETER(NRM 2500J)를 사용하여 hardness를 측정하였다. 측정조건은 다음과 같다.

Plunger : 10φ
 Clearance : 5mm
 Meter Range : 5kg
 Table Speed : 30cm/min
 Chart Speed : 30cm/min

7. 超遠心分析

水溶性 및 鹽溶性蛋白質抽出液(蛋白質濃度 0.4 ~ 1.0mg/ml)을 供液으로 하여 日立分析用遠心機(UCA-I型)를 사용하여 초원심분석을 하였다. 시동부터 rotor 회전수가 소정속도(60000rpm)에 도달하기까지 및 그후 1시간 사이의 단백질추출용액의 沈降狀況을 관찰하였다.

Phase plate의 각도는 65°, rotor 온도는 17~18°C이었다. 주된 침강성분에 대해서는 침강계수를 구하여 Svedberg Unit를 20°C 용액의 침강계수로 환산하여 S₂₀W로 나타내었다.

8. SDS Disc 電氣泳動分析

Weber와 Osborn(1969)의 방법에 따라 10% Polyacrylamide gel을 사용하여 전기영동을 하였다. Gel의 염색은 0.25% Coomassie brilliant blue R-250으로 하였다.

結果 및 考察

1. pH의 변화

신성상태 및 동결직후와 동결저장 3개월간의 키조개 패주육의 pH 변화를 Fig.2에 나타내었다. 탈

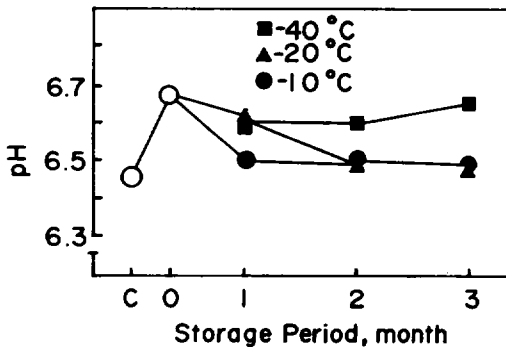


Fig. 2. Changes in pH of pen shell adductor muscle during storage at -10°C, -20°C and -40°C.

각직후의 신선패주육의 pH는 6.45였으나 동결직후는 6.68의 값을 나타내었고 동결저장 1개월째에는 모두 동결직후보다는 떨어진 값(6.5~6.6)을 나타

내었으며 그 후 3개월째까지는 거의 변화하지 않았다. 각 저장온도 별로 pH를 비교하여 보면 -40°C는 3개월간 약간 높은 값(6.6)을 유지하였으나 -10°C는 약간 낮은 값(6.5)을 나타내었다. 그러나 그 차이는 거의 무시할 정도라고 생각된다. 이와같은 결과는 Granelle(1982) 등의 가리비의 동결저장(-18°C, 5개월) 중에 pH는 거의 변하지 않았다고 하는 결과와 비슷하다고 볼 수 있다. 탈각 직후보다 키조개의 경우 pH가 동결직후에 상승하는 것은 탈각함으로 근육이 사후경직상태에 들어가는 것이라 보며, 그 후에 방치 및 동결에 의하여 근육은 해경상태로 들어감으로 pH는 약간 올라가는 것으로 생각되어진다.

2. 유리 drip량의 변화

유리 drip량의 변화를 Fig.3에 나타내었다. 유리 drip량은 저장온도와 저장기간의 경과에 따라 차이

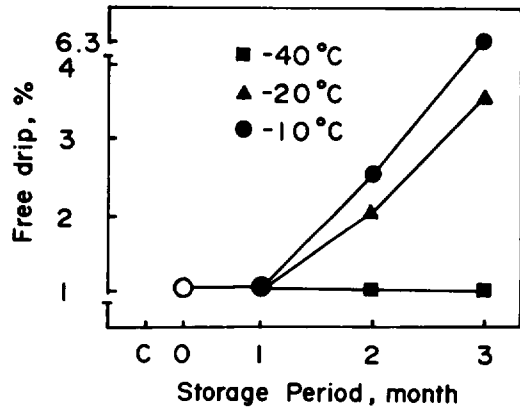


Fig. 3. Changes in the amount of free drip of pen shell adductor muscle during storage at -10°C, -20°C and -40°C.

를 나타내고 있다. -40°C저장에서는 동결저장 3개월째까지 거의 변화가 없으나 -20°C와 -10°C에서는 저장 2개월째부터 증가한 값을 나타내었다. 키조개의 유리 drip량은 저장온도에 따라 그리고 기간이 길어짐에 따라 차이를 보이고 있으나 전복(宋 등: 1973)이나 피조개(宋 등: 1984)의 유리 drip량보다는 작은량이었다. 그리고 Weep량도 같

은 패류이면서도 피조개와 전복은 12~13%정도인데 비하여 키조개는 거의 없는것을 보면 근육구조의 차이에 의하여 탈각시에 생기는 Weep량에도 차가 생길 수 있는 것이라고 생각되어진다.

3. 압출 drip의 변화

압출 drip의 측정결과를 Fig.4에 나타내었다. 압출 drip의 량도 유리 drip의 량과 마찬가지로 저장기간의 증가와 함께 많아지는 경향을 나타내었다.

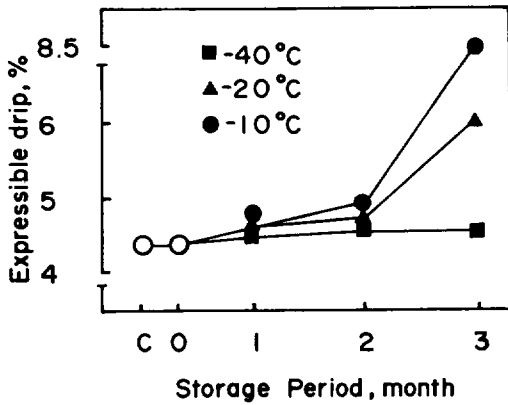


Fig. 4. Changes in the amount of wxpressible drip of pen shell adductor muscle during storage at -10°C , -20°C and -40°C .

그러나 유리 drip은 1개월 이후부터 많아지는 경향을 나타내었으나 압출 drip은 2개월째 까지는 변화를 보이지 않으나, 2개월이 지나 3개월째에 -10°C 가 8.5%, -20°C 가 6%정도의 증가된 량을 나타내었으며, -40°C 저장은 3개월째 까지도 압출 drip은 변화하지 않았다.

4. 보수성의 변화

보수성의 측정결과는 Fig.5와 같다. -40°C 의 경우는 동결저장 3개월째 까지는 거의 변화하지 않고 높은 보수성(58%)을 나타내었다. -20°C 의 경우도 저장 1개월째에 52%로 떨어졌으나 3개월째 까지는 변화없이 같은 값을 나타내고 있다. 그러

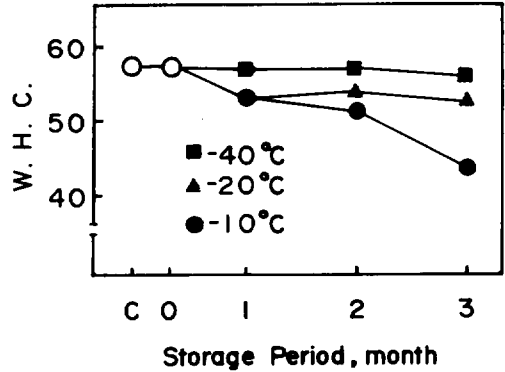


Fig. 5. Changes in the water—holding capacity of pen shell adductor muscle during storage at -10°C , -20°C and -40°C .

나 -10°C 의 저우는 1개월째 부터 보수성이 떨어져 3개월째에는 33%의 아주 낮은 보수성을 나타내었다. 田中(1969)는 北洋産冷凍명태에서 筋細胞(筋纖維)内に 작은 氷結晶이 생성되는 즉 세포내 동결을 일으키는 경우는 보수성이 높고 세포외에 빙결점을 형성하는 높은 온도의 동결의 경우는 근육의 보수성이 낮음을 보고하였으며, 아울러 저장기간과 보수성의 관계에 대하여서도 동결저장기간이 장기화되어지면 모두 보수성이 저하되어짐으로 냉동변성의 척도의 한 방법으로서 보수성변화의 조사를 제창하였다. 梅本(1969)등도 냉동명태의 경우 보수성의 저하와 단백질용출성의 저하와의 사이에는 유의의 상관성이 있음을 보고하였다. 그 외에도 축육(Penny : 1969)이나 어육(Kelly등 : 196) 등의 동결후의 그리고 저장후의 보수성의 저하에 관한 예가 있다. 키조개의 경우도 명태나 축육의 보수성 저하와 같은 결과의 고찰이 되어질 수 있다고 생각되어 진다.

5. Hardness의 변화

패육의 Hardness를 측정한 결과는 Fig.6과 같다. 키조개는 동결을 실시함과 동시에 신선상태때에 가지던 탄력성이 없어지기 시작하여 그 후 저장기간이 길어짐과 함께 Hardness가 떨어지는 경향을 나타내었다. 저장온도에 따른 Hardness의 변화

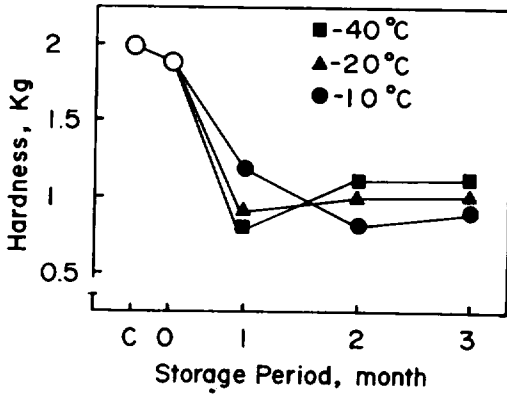


Fig. 6. Changes in hardness of pen shell adductor muscle during storage at -10°C, -20°C and -40°C.

질의 물리적인 촉감이 단단해지는 경화(硬化, Hardening, Firmness, Toughness)에 관하여서는 알려진 것이며 그 원인으로는 pH(Cowie등:1966) 단백질변성(Cowie등:1969)등을 들고 있다. 그러나 키조개의 경우는 동결 및 저장에 의하여 촉육이나 어육등이 경화되어지는 것과는 달리 동결후에 Hardness가 감소하며 저장기간이 길어짐에 따라 더욱 연화되어지는 현상을 나타내었다. 이와같은 현상은 전복의 동결(宋:1973)에서도 볼 수 있었다. 이와같은 동결육의 물리적으로 측정되어지는 변화는 한가지 현상에 의하여 일어나는 것이 아니고 근육단백질의 변성, 동결에 의한 조직의 변화, 그리고 Collagen을 많이 함유한 패류에서는 보수성의 감소 등의 원인들이 종합되어져 연화의 현상을 일으키는 것으로 생각되어진다.

도 2개월째 부터는 낮은 온도에 저장한 것(-40°C > -20°C > -10°C)이 약간 높은 값을 나타내나, 전체적으로는 저장기간이 길어짐에 따라 낮은 Hardness를 나타내었다. 어육이나 식육을 동결하거나 동결저장하는 경우 신선상태와 비교하여 육

6. 단백질조성 및 용출성의 변화

동결저장중에 패주육 단백질의 조성과 용출성의 변화를 측정된 결과를 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Variation of protein composition of pen shell adductor muscle during freezing storage.

Sample	Non-protein Nitrogen	Protein Nitrogen				
		Sarco-plasmic	Myofi-brillar	Alkali-soluble	Stroma	
Fresh	7.8	10.6(37)*	8.9(31)	8.1(28)	1.2(4)	
0 month	7.5	9.3(34)	11.5(42)	5.5(20)	1.1(4)	
1 month	-40°C	7.5	9.8(35)	12.5(44)	4.7(17)	1.1(4)
	-20°C	7.0	10.2(37)	10.8(39)	5.5(20)	1.1(4)
	-10°C	7.5	10.0(36)	11.4(41)	5.3(19)	1.1(4)
2 month	-40°C	7.1	10.3(36)	12.8(45)	4.3(19)	1.2(4)
	-20°C	7.1	10.4(37)	10.1(36)	6.4(23)	1.1(4)
	-10°C	7.9	10.5(36)	10.7(37)	6.7(23)	1.2(4)
3 month	-40°C	7.7	10.3(36)	12.8(44)	4.3(15)	1.1(4)
	-20°C	7.2	9.9(35)	7.3(26)	10.2(36)	1.1(3)
	-10°C	7.8	10.0(34)	6.2(21)	12.1(41)	1.1(4)

* Numbers in parenthesis represent percentage distribution. mg N/g muscle

신선패주육단백질의 각 획분의 조성은 전질소에 대하여 근형질단백태질소 37%, 근원섬유단백태질소 31%, Alkali 가용성단백태질소 28%, 기질단백태질소 4%로 일반어류의 그것(渡部:1983, 羽田 등:1983)과는 약간 조성이 달랐다. 저장온도 -40°C에서는 3개월간 각획분의 조성이나 용출성에서의 변화가 없었다. -20°C에서는 2개월째부터 근원섬유단백태질소가 감소하는 경향을 보이며 3개월째는 근원섬유단백태질소가 26%까지 저하하였다. -10°C에서도 근원섬유단백태질소는 감소하여 3개월째에는 21%로 저하하였다. 그리고 저장온도별로 모두 근원섬유단백태질소량이 감소하는 만큼 Alkali 가용성단백태질소량은 증가하는 경향을 나타내었으나, 근장단백태질소와 기질단백태질소량은 저장기간동안 거의 변화하지 않았다. 근원섬유단백태질소량은 저장기간을 통하여 감소하는 경향을 보이며, 감소경향은 저장온도가 높은 쪽이 현저한 편이었다.

다음에 용출된 각 획분의 단백질 특성을 조사할 목적으로 -10, -20, -40°C에 3개월간 저장한 시료패주육에 대하여 SDS전기영동 및 초원심분석의 검토를 하였다.

Fig.7에 SDS전기영동 pattern을 나타내었다. 일반척추동물의 골격근에서는 Myosin의 중쇄는 염용액에서 추출되어지는데 키조개에서는 Myosin의 중쇄가 수용성단백에서 볼 수 있었다. 이와같은 현상은 오징어의 수용성단백(Tsuchiya 등:1980)와 키조개의 수용성단백(宋 등:1984)에서도 나타나는 것을 보면 연체류 단백질의 공통적인 현상이 아닌가 생각되어진다. 土屋(Tsuchiya 등:1978, 土屋:1978)는 오징어 근육에서 Myosin을 추출할 때 protease 저해제나 EDTA의 첨가에 의하여만 Myosin의 추출이 가능하였다고 보고하고 있다. 이런 점등으로 미루어 볼 때 키조개의 경우에도 신선패주육에서 조차 염추출액중에 Myosin이 비교적 적은 것은 Myosin 자체의 불안정성, protease의 작용 혹은 Ca⁺⁺의 작용등의 영향이 있을지도 모른다.

paramyosin(PM)의 band는 모든 저장온도(-10°C, -20°C, -40°C)에서 확실히 보여지는 것을 보면 paramyosin은 동결 및 동결저장에 대하여 비

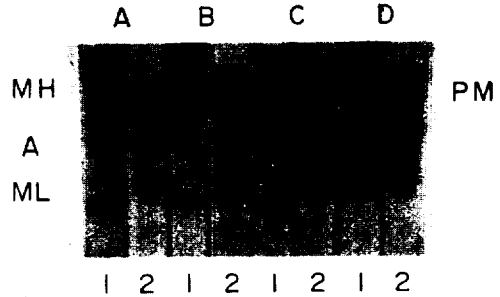


Fig. 7. S D S electrophoresis Pattern of Proteins extracted from the adductor muscle of pen shell stored at -10°C, -20°C and -40°C for 3 month. The muscle proteins were extracted stepwise with phosphate buffer (I 0.05 pH 7.5) and 0.45M KCl-phosphate buffer (I 0.5 pH 7.5).

- A : Fresh muscle
- B : Frozen muscle (-40°C)
- C : Frozen muscle(-20°C)
- D : Frozen muscle (-10°C)
- 1 : Water-soluble protein
- 2 : Salt soluble protein
- MH : Myosin Heavy chain
- PM : Myosin light chain.
- A : Actin
- ML : Myosin light chain.

교적 안정한 것으로 생각되어진다. 이처럼 paramyosin이 각 저장온도에서 확실히 보여지는 것은 paramyosin은 Myosin Core안에 paracrystal 상으로 존재하는 것과 관련한 것이 아닌가 생각되어진다. 또 Actin band도 -10°C로 3개월 동결저장한 것에서 조차 보여지는 것을 보면 Actin 역시 동결 및 저장에 대하여 안정한 것으로 생각되어진다.

Iguchi 등(1981)은 오징어의 Actomyosin이 잉어의 Actomyosin보다 동결변성이 잘 일어나지 않는 사실에 대하여 斜紋筋의 Myosin filament Core에 paramyosin이 paracrystal 상으로 존재하기 때문에 Myosin filament의 분해나 응집이 어느정도 막아지는 것이 아닌가 라고 추측하고 있다.

다음에 각 온도로 3개월간 동결저장한 패주육의 수용성구와 염용성구단백질의 초원심분석의 pattern을 Fig.8에 나타내었다. 먼저 신선패주육 염용성구에서는 비교적 응집성이 약한 gel이 천천히 침강(6000rpm 6분)하며 Actomyosin에 상당하는

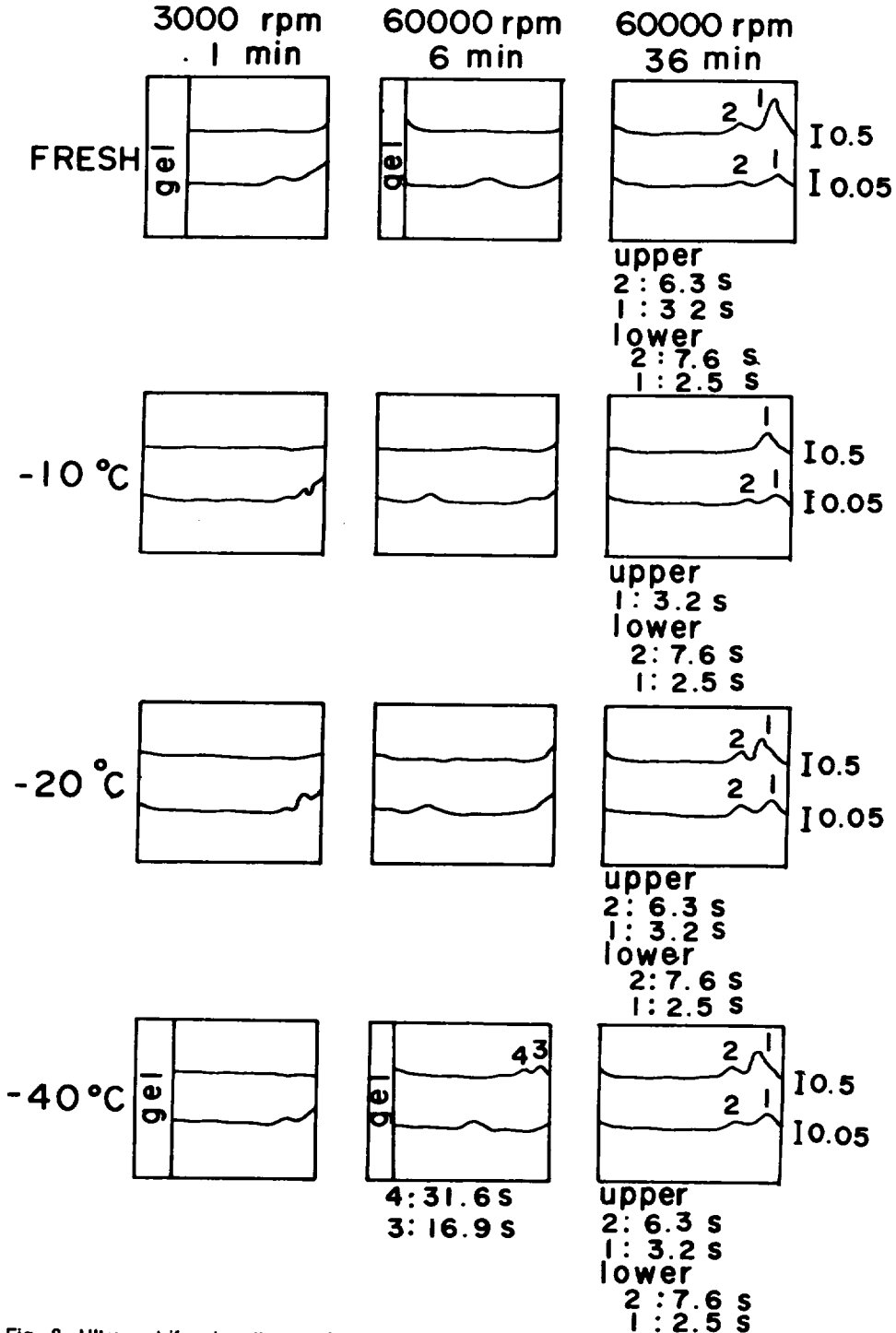


Fig. 8. Ultracentrifugal patterns of proteins extracted from the adductor muscle of pen shell same as that used for S D S electrophoresis.
Speed : 60000rpm, Temperature : 17~
Phase plate angle: 65°C.

Peak는 없이 Peak 2(6.3S, myosin상당)는 작고 Peak 1(3.2S, paramyosin상당)은 Sharp하였다. 신선패주육의 수용성구에서는 rotor 회전수가 60000rpm에 달하기 이전에 조기 침강하는 성분이 있었으며 36분 후에는 6S의 Peak 2와 2.5S의 Peak 1로 분리되어졌다. Peak 2는 이온강도 0.05에서도 용출하는 Myosin, Tropomyosin 혹은 paramyosin의 혼합된 것 아니면 이들중의 어느 것이라 라고 생각되며, Peak 1은 완전한 모양을 보이며 침강계수상으로 볼때 Actin으로 보여진다. 수용성구에서 이와같은 성분들이 용출되어지는 현상은 피조개(宋동:1984)에서도 볼 수 있었다.

3개월간 -40°C 로 저장한 것의 염용성구에서는 4개의 Peak가 나타났다. 비교적 응집력이 약한 gel이 천천히 침강(6000rpm, 6분)하였다. 침강계수상으로 Peak 4(31.6S)와 Peak 3(16.9S)는 Actomyosin의 것으로 생각되었으나 Peak 2(6.3S)는 Myosin이고 Peak 1(3.2S)는 Paranyosin으로 모양은 Sharp하여 신선패주육의 것과 같았다. -20°C 3개월 저장 염용성구에서는 -40°C 와는 달리 gel이 보여지지 않으며 Actomyosin에 상당하는 Peak 4와 Peak 3은 없었으나 -4°C 와 같이 Peak 2와 Peak 1은 모양이 Sharp 하였다. -10°C 3개월 저장의 염용성구에서는 -40°C , -20°C 저장과는 달리 Actomyosin이나 Myosin의 Peak는 보여지지 않고 paramyosin의 Peak만이 보여지며 그 모양도 비교적 적은 것이었다. 수용성구에서는 신선상태, -40 , -20 , -10°C 모두 비슷한 Pattern의 Peak가 보여지는 것은 패류 단백질의 특징으로 생각되어진다.

단백질의 용출성, SDS 전기영동, 초원심분석 등의 결과는 서로가 대략 모순되지 않게 설명되어 질

수 있는 결과라고 생각된다. 그러나 -40°C 및 -20°C 에 3개월간 저장한 것을 비교하면 단백질의 용출성에는 그다지 차이가 없는데도 초원심분석 pattern에는 차이가 나타나는 것은 -20°C 저장에서는 염용성구의 단백질 즉 근원섬유 단백질은 저장기간의 증가에 따라서 가벼운 Agregaiton(King:1966, Anderson등:1968)이 일어나는 것으로 보여진다. 그리고 Paramyosin은 동결이나 동결저장에서도 비교적 안정한 것임을 알 수 있었다.

摘 要

키조개의 패주육을 -10°C , -20°C , -40°C 로 3개월간 동결저장하며 그 사이에 키조개의 품질에 관련하는 몇가지 변화에 대하여 경시적인 검토를 한 결과를 요약하면 다음과 같다.

유리 drip, 압출 drip, 보수성 및 Hardness 모두 pH변화와 상관성이 보이며 저장온도 -20°C 와 -40°C 에서는 3개월간 큰 변화 없이 안정하였다. 그러나 -10°C 저장의 경우는 2개월째 부터 drip의 증가와 보수성의 저하가 현저하였다.

기계적으로 측정되어진 Hardness는 동결에 의하여 감소하며 저장기간의 증가와 함께 감소하였다.

단백질의 용출성은 -10°C 저장에서는 저장 초기부터 저하하는 경향을 나타내며 -20°C 저장에서는 2개월까지 그리고 -40°C 저장에서는 3개월째 까지 높은 용출성을 나타내었다.

그러나 Paramyosin은 -10°C 저장에서도 3개월째까지 비교적 안정감이 SDS전기영동과 초원심분석의 결과에서 알 수 있었다.

參 考 文 獻

Anderson M. L. and E. M. Ravesi, 1968. Relation between protein extractability and free fatty acid production in cod muscle aged in Ice. J. Fish, Res, Bd, Can., 25(10), 2059~2069.

崔圭標, 1981. 키조개의 形態變異에 대하여, 麗水水專論文集 15, 27~29.

Cowie W. P. and W. T. Little. 1966, The relation between the toughness of cod stored at -29°C and -40°C it's muscle protein

- solubility and pH. J. Fd. Technol. 1, 335~343.
- Cowie W. P. and W. T. Little, 1967. The relation between the toughness of cod stored at -7°C and -14°C , it's muscle protein solubility and pH. J.Fd. Technol. 2, 217~222.
- Granelle M. and R.V. Josephson. 1982. Chilled and frozen storage stability of the Durple-Hinge rock scallop. J. Food. Sci., 47, 1654~1661.
- 羽田野之男, 高間浩造. 1983. 採卵後シロサゲ筋肉の食品化學的性狀. 日水誌, 49(2) 213~218.
- Iguchi S., T. Tsuchiya and J. J. Matsumoto. 1981. Studies on the freeze denaturation of squid Actomyosin. B. J. S. S. F. 47(11), 1499~1506.
- Kally T. R., and J. S. Dunnet., 1969. The effect of freezing temperature on quality changes in cold stored Cod, J. Fd. Technol, 4, 105~115.
- King F. J. 1966. Ultracentrifugal analysis of changes in the Composition of myofibrillar protein extracts obtained from fresh and frozen cod muscle. J. food, Sci., 31, 649~663.
- 小長谷史郎, 1978, 常溫における赤身魚の筋原纖維蛋白質の變性, ヤゲ肉發生の要因, 東海水研報 96, 67~74.
- Love. R. M. 1969. The connective tissue of fish. II. Gapping in commercial species of frozen fish in relation to rigor mortis. J. Fd. Technol. 4, 39~44.
- 柳晟奎, 劉明淑, 1984. 키조개의 養殖開發에 關한 研究(I), 여자만산 키조개의 번식상태, 韓水誌 17(6), 529~535.
- Penny I. F., 1969. Protein denaturation and water holding capacity in pork muscle. J. Food. Technol., 4, 269~273.
- 송대진, 1973, 전복의 동결에 관한 연구, 1, 동결 속도가 전복품질에 미치는 영향, 韓水誌.
- 宋大鎮, 小長谷史郎, 田中武夫. 1984. 貝類の冷凍に關する研究. 1. 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), 79~88.
- 志水寛, 清水亘, 1960. 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), 806~809.
- 田中二郎, 丈島泰雄, 1958. 東京灣走水先を中心としたタイラギのな産について. 水産増殖6(2), 1~12.
- 田中武式, 1969. 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, 143~168.
- Tsuchiya T., N. Yamada and J. J. Matsumoto. 1978. Physico chemical properties of squid Myosin. B.J.S.S.F. 44(2) 181~184.
- Tsuchiya T. and J.J. Matsumoto. 1980. Physico Cnemical properties of squid paramgosin. B.J.S.S.F. 46(2) 197~206.
- 土屋隆英, 1978. イカ外套膜斜紋筋の生化學的研究. 東京. 1~172.
- Weber. K. and M. Osborn. 1969. The reliability of molecular weight determinations by dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis. J. Biol. Chem., 244, 406~4412.
- 梅本滋, 神名孝一. 1969. 北洋産冷凍スケトウダラの鮮度と品質との關係. II. 肉蛋白質の性狀の變化. 東海水研報. 60, 169~177.
- 渡部終五, 落合芳博, 橋本周父. 1983. ドチザメ筋肉の一般組成とタンパク質組成. 日水誌. 49(2), 265~318.