

## 해동어육의 저온저장중 선도 변화

박찬성 · 최경호\*

경산대학교 생명자원과학부, \*대구효성기톨릭대학교 식품영양학과

### Changes in the Freshness of Frozen-thawed Fish Fillet during Cold Storage

Chan-Sung Park and Kyoung-Ho Choi\*

Faculty of Life Resources Science, Kyungsan University, Kyungsan, Kyungbuk, 712-240, Korea

\*Dept. of Food Science and Nutrition, Taegu Hyosung Catholic University, Hayang, Kyungbuk, 713-702, Korea

#### Abstract

Frozen cod fillet block (7.0×4.6×0.6cm, 18±0.5g) was purchased from a supermarket in Taegu area. Three experimental groups of fish fillet, frozen-thawed cod fillet refrigerated at 5°C (R), frozen at -20°C (F) and repeated freezing and refrigerating (RFR) every other day, were incubated at each temperature. Changes in the viable counts of mesophiles and psychrotrops, the amount of free drip and pH of cod muscle during cold storage were investigated. The viable counts of mesophiles and psychrotrops immediately before cold storage were  $6.5 \times 10^4$  and  $7.4 \times 10^3$  CFU/g of muscle, respectively. The viable counts of cod muscle R and RFR exceeded  $10^7$  CFU/g within 8 days and 16 days, respectively, while the viable counts of cod muscle F were not exceeded  $10^7$  cells/g throughout the storage period. The viable counts of psychrotrops exceeded that of mesophiles at the end of cold storage period. The viable counts of cod muscle showed positive correlation with pH ( $r=0.73 \sim 0.96$ , the highest in RFR) during cold storage. The amount of free drip in cod muscle R, F and RFR was  $27.06 \pm 9.75$ ,  $27.56 \pm 8.02$  and  $33.97 \pm 10.70\%$ , respectively. The amount of free drip in RFR increased as the progress of storage.

Key words : cod fillet, cold storage, viable counts, pH, free drip

#### 서 론

우리 나라는 3면이 바다로 둘러싸여 있어서 수산자원이 풍부하며 수산식품 중 어패류는 동물성 단백질의 공급원으로서 건강식품으로 각광을 받고 있어 소비가 해마다 증가하는 추세에 있다<sup>1)</sup>. 1994년, 1인당 1일 어패류 소비량은 82.9g으로서 우리나라 국민의 동물성 단백질 소비량의 45%를 차지하였다<sup>2)</sup>. 특히 어패류는 수분 함량이 많고 단백질이 풍부하며, 수육에 비하여 사후강직이 빠르고 그 지속시간도 짧아 해경, 숙성, 변질의 속도가 빨라서<sup>3)</sup> 부패가 빨리 일어나기 때문에 적절한 저장 방법을 선택하는 것이 대단히 중요하다. 이러한 관점에서 식품의 저온저장은 미생물의 증식과 생화학적 변화를 억제시켜 저장 기간을 연장하는 목적으로 널리 이

용되고 있다. 이러한 단백질의 급원식품 중 생선은 대부분이 냉동 상태로 수송, 판매되고 있는데 특히 냉동식품은 경제성, 안전성, 간편성 등으로 인하여 점차 그 수요가 확대되고 있다<sup>4)</sup>. 이러한 냉동 어류는 해동시에 drip의 유출<sup>5-7)</sup>이 문제가 되고 있으며, 저장이나 유통, 조리 과정에서 냉동과 해동을 반복하는 경우에는 gel 형성능이 감소하여<sup>8)</sup> 품질의 열화를 초래하게 된다. 이러한 품질의 열화는 어종에 따라 차이가 크며 백색어 중에서는 대구가 핵산관련물질의 분해가 빠르고<sup>9,10)</sup> 스펀지화 될수록 단백질의 변성이 증가되며<sup>11)</sup> 맛을 나쁘게 하는 원인이 되고 있다<sup>12)</sup>.

생선의 저온저장 중 품질저하에 관련된 지표로는 세균수와 microflora, K-value, pH, drip량, VBN 등이 복합적으로 관련되어 있는데<sup>10)</sup>, Randell 등<sup>13)</sup>은

lactic acid bacteria의 증식으로 인한 pH감소를 보고 하였으며 Okuzumi와 Awano<sup>14)</sup>는 해산어의 저온저장 중 histamine을 생성하는 호염성 저온 세균이 분리되었다고 보고하였으며 Liston<sup>15)</sup>은 *Listeria*, *Yersinia*, *Aeromonas*와 *C. botulinum* type E는 5°C 이하의 저온에서도 증식할 수 있다고 보고하여 저온저장시에 생존하는 세균의 위생적 문제점을 지적하고 있다. 尾藤<sup>6)</sup>은 냉동 생선의 drip과 pH는 저장 온도와 해동 온도에 따라 r은 -0.53~-0.77의 상관관계를 보고하였고 Shaban 등<sup>15)</sup>은 Kuruma prawn을 동결저장했을 때 저장온도가 높을수록, 저장기간이 길어질수록 drip의 양은 증가하였다고 보고하였다. 이러한 냉동생선의 drip유출은 어육의 스폰지화로 맛을 나쁘게 하기 때문에 이를 방지하는 한 방법으로 이 등<sup>5)</sup>은 염지어를 탈수 시트로 처리하여 drip의 양을 줄이고 동결저장중 단백질의 변성을 최소화할 수 있었다고 보고하여 냉동 생선의 품질저하를 방지하기 위한 다각적인 연구가 이루어지고 있다. 본 실험에서는 냉동 상태로 포장하여 판매되고 있는 생선(대구살)을 구입하여 5°C에서 냉장, -20°C에서 동결 저장 및 냉장과 동결저장을 1일간씩 교대로 반복하는 3군으로 나누어 저온저장하면서 저장중 저온세균과 중온균수의 변화를 측정하고 아울러 drip과 pH의 변화를 측정하여 냉동 어육의 저장과 유통과정에서의 선도변화를 위생적 안전성과 관련시켜 검토하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료

냉동 대구살 포장육(7.0×4.6×0.6cm, 중량 18±0.5g, O수산)을 대구지역 수퍼마켓에서 구입하여 살 한 덩이씩 멸균 petri dish에 넣은 후 플라스틱 상자에 담아 저온저장하였으며, 실험군은 저장온도에 따라 5°C에서 냉장(refrigerating ; R), -20°C에서 냉동(freezing ; F)하였으며, 냉장과 동결을 1일간씩 반복(repeated freezing and refrigerating ; RFR)하는 3군으로 나누어 실험하였다.

### 2. 실험용 배지

저장중 어육의 생균수 측정을 위하여 plate count agar(PCA, Difco) 배지를 멸균한 후 미리 평판을 만들어 사용하였으며, 생균수 측정을 위한 희석시에는 0.1% peptone과 0.5%의 NaCl을 함유한 멸균 희석액을 사용하였다.

### 3. 어육의 생균수 측정

생선살을 해동한 후 생선 중량의 9배의 멸균희석수로

서 homogenate를 만든 후 그 10배 단계 희석액 0.1ml를 고체배지의 표면에 평판도말하였다. 실험은 2회 반복하였으며 중온균은 25°C에서 3일간, 저온세균은 5°C에서 7일간 배양한 후 colony수를 측정하여 어육 1g당의 colony forming unit(Log CFU/g)로 나타내었다.

### 4. 어육의 pH 측정

생균수를 측정하고 남은 어육 homogenate를 pH meter로 측정하였다.

### 5. 어육의 free drip 측정

田中<sup>7)</sup>의 방법에 준하여 어육을 해동시킨 후 여지를 칸 petri dish에 넣고 5°C에서 2시간 저장후 중량을 측정하여 감소된 어육의 중량을 free drip량으로 하였다.

### 6. 실험결과와 통계처리<sup>16)</sup>

생균수의 측정치는 2회 반복한 값을 기하학적 평균치를 구하여 생균수의 값으로 나타내었다. 생균수와 pH의 관계는 회귀직선법으로 분석한 후 상관계수에 대한 유의성을 t-test로서 검증하였으며, 저장기간에 다른 free drip량의 변화는 회귀직선법으로 분석한 후 저장온도에 따른 시료간의 유의성과 상관계수에 대한 유의성을 t-test로 검증하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 저온저장중 어육의 생균수와 pH 변화

#### 1) 냉 장

Fig. 1은 냉동상태의 대구살을 해동하여 5°C에 냉장하였을 때의 생균수 변화를 나타낸 것으로서 저장 직전에는 중온균이  $6.5 \times 10^4$ , 저온세균이  $7.4 \times 10^3$  cells/g으로서 약 1 log cycle의 차이를 나타내었다. 저장기간이 길어짐에 따라서 중온균과 저온세균의 수가 함께 저장 6일과 10일 사이에 급격히 증가하였다. Ayers<sup>17)</sup>는 대부분의 근육단백질은  $10^7$  cells/g 이상의 세균수일 때 부패하는 것으로 보고하였는데, 본 실험에서 대구살은 저장 8일 이후에는 생균수가  $10^7$  cells/g 이상으로서 초기부패에 도달하였다. 이후부터 저온세균이 중온균의 수보다 많아져서 저장말기인 16일째에는 저온세균의 수가  $9.7 \times 10^{11}$  cells/g으로서, 중온균의 수( $2.2 \times 10^{11}$  cells/g)보다 4배 이상 증가하였다.

Custy 등<sup>18)</sup>은 식품가공공장의 양식매기에서 조사한 생균수는 계절에 따라 다르며 일반적으로 저온세균의 수가 중온균의 수보다 많음을 보고하였다. Greene과 Bernatt-Bryne<sup>9)</sup>는 whole cod와 cod fillet을 동결 후

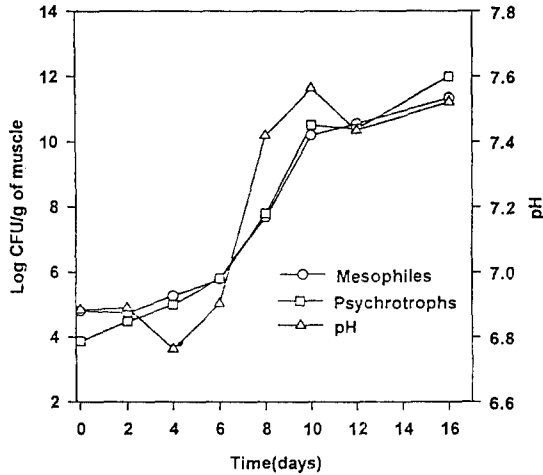


Fig. 1. Changes in the viable counts and pH of frozen-thawed cod fillet during refrigerated storage at 5°C

해동시킨 것과 미동결 상태로 빙장하였을 때, whole cod에 비하여 cod fillet이 생균수가 많았으며 해동어가 미동결 시료에 비하여 생균수가 많음을 보고하였다. 본 실험에 사용한 시료는 여러 유통단계를 거친 냉동 cod fillet을 구입하여 해동후 5°C에 냉장하였기 때문에 세균의 증식이 빨랐던 것은 당연한 결과로 생각된다. 저장 직전의 pH는 6.884였으며 저장 4일째에는 6.763으로 최저치에 도달하였다. 4일 이후부터 세균수의 증가와 비슷한 경향으로 pH가 증가하여 저장 10일째에 7.564로서 최고치에 도달한 후 저장 16일째에는 약간 감소하였다. 이러한 pH의 상승은 Okuzumi 등<sup>14,19)</sup>이 보고한 histamine을 생성하는 균주들이 0~15°C에서 증식하는 저온세균이었다는 보고와 상당한 관련이 있을 것으로 추정된다.

2) 동결 저장

Fig. 2는 동결저장한 시료의 저장중 생균수의 변화로서 저장초기의 4일동안 중온균, 저온세균의 수가 모두 감소하였으며 그 후 저장 20일까지는 생균수의 변화가 거의 없이 10<sup>5</sup>cells/g 미만을 유지하였다. 저장 20일 이후부터 생균수가 약간 증가하여 저장 28일째에는 최고치로서 10<sup>6</sup>cells/g 이상에 도달하였고 이후부터 저장 말기인 46일째까지 생균수는 10<sup>6</sup>cells/g 미만으로 약간 감소하는 경향이었다. 대구살의 동결저장중 생균수의 변화는 Ellender 등<sup>20)</sup>이 냉동 Crabmeat의 생균수가 10<sup>5</sup>~10<sup>7</sup>cells/g으로 보고한 결과와 비슷한 결과를 나타내었다. 전반적으로 동결저장중에는 생균수의 변화가 적은 편이었으며 동결저장에서도 저장말기에는

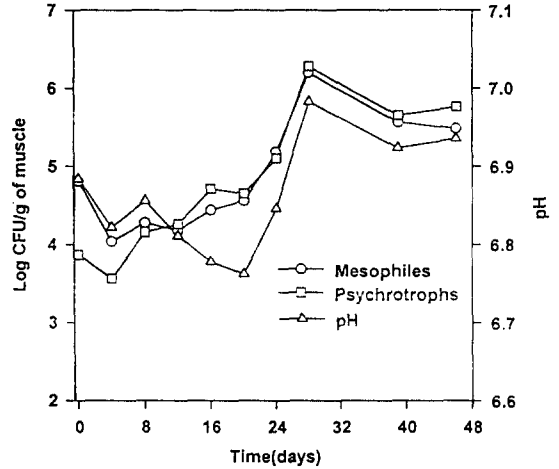


Fig. 2. Changes in the viable counts and pH of cod fillet during frozen storage at -20°C.

저온세균의 수가 중온균에 비하여 1.9배 높은 수치에 도달하였다. pH의 변화는 저장 20일째에 최저치로서 6.762였으며 이후부터 pH가 세균의 증식과 함께 증가하여 생균수가 최고에 도달하였던 28일째의 pH는 6.983에 도달한 후 저장말기에는 감소하였다. 동결저장중 pH의 변화가 0.22에 불과하였던 것은 생균수의 변화가 적었던 것에 기인한 것으로 생각된다.

3) 냉장과 동결 반복저장

Fig. 3은 냉장과 동결저장을 1일간씩 교대로 반복한 시료의 저장중 생균수의 변화이다. 냉장과 동결을 반복하여 저장한 시료는 저장 초기의 4일간 중온균의 수가

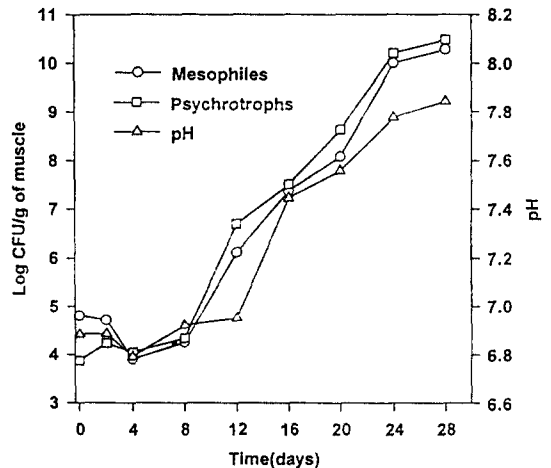


Fig. 3. Changes in the viable counts and pH of cod fillet during repeated refrigeration and freezing. Cod fillet was refrigerated at 5°C and frozen at -20°C every other day.

저장직전의 약 1/10로 감소한 후 증가하기 시작하였다. 저장 8일째부터 저장 24일까지 중온균과 저온세균 모두 빠르게 증가하였으며 특히 저온세균의 증식이 중온균에 비하여 빨라서 저장 4일 이후부터는 저온세균의 수가 중온균의 수보다 증가하였다. 저장 12일과 16일 사이에 중온균과 저온세균의 수가  $10^7$  cells/g에 도달하여 냉장과 동결을 반복한 시료는 냉장시료에 비하여 세균의 증식에 의해 초기부패에 도달하는 기간이 약 2 배 정도 연장되었다. pH의 변화는 생균수의 증가에 거의 비례하는 경향으로서 저장 4일째에 6.791로서 최저였으며 저장말기인 28일째에 7.843으로 최고치에 도달하였다. 이러한 pH의 변화는 앞에서 냉장시료(Fig. 1)와 냉동시료(Fig. 2)의 경우에 pH변화의 최대 차이가 각각 0.8, 0.22 정도에 불과하였던 점에 비추어 보면 냉장과 냉동을 반복한 시료에서는 그 차이가 1.05로서 타 시료에 비하여 pH의 변화가 큰 편이었다.

이상 3군의 생균수 변화에서 저장시일이 경과함에 따라 생균수가 증가하였으며 저장 초기에는 중온균의 수가 약간 많았으나 저장 시일이 경과하면서 저온세균의 수가 중온균보다 많아지는 공통점을 나타내었다. 그런데 일반적인 식중독 세균들이 냉장이나 동결저장에서 저온에서 강한 내성을 나타내며 냉장온도에서도 증식이 가능한 보고들<sup>21,22)</sup>이 있어 식품의 저온저장시에 저온세균들이 우세균주로서 식품의 부패와 위생적 측면에서 문제가 되고 있다.

2. 어육의 생균수와 pH의 상관관계 분석

해동 대구살을 저온저장한 3종류의 시료에서 나타난 결과(Fig. 1~Fig. 3)로부터 각 시료의 pH와 생균수의 관계를 Fig. 4에 회귀직선으로 나타내었으며 그 통계치를 Table 1에 나타내었다. 저온저장한 시료의 pH와 생균수의 상관관계는 냉장시료에서  $r=0.73$ , 냉동시료에서  $r=0.78$ , 냉장과 냉동을 반복한 시료에서  $r=0.96$ 로서 3종류의 시료 모두 pH와 생균수간에 높은 상관관계를 나타내었다. 냉장한 시료(R)와 냉장과 동결을 반복한 시료(RFR)의 pH가 생균수의 증가와 더불어 pH가 상승하는 원인은 세균의 증식에 의하여 생선의 부패과정에서 생성된 ammonia와 amine류 등<sup>23)</sup>에 의해 pH가 상승한 것으로 생각된다. Okuzumi 등<sup>14)</sup>은 해산어에서 histamine을 생성하는 세균이 특히 겨울철에 많이 분리되며 이 세균들은 호냉성으로서 2.5℃에 저장한 생선에서도  $10^7 \sim 10^8$  cells/g으로 증식한다고 보고하였는데, 본 실험에서 생선의 저온저장시에 pH가 상승하는 원인 역시 이들 호냉성의 histamine 생성균주와 밀접한 관계가 있을 것으로 추정된다. 식품의 안전

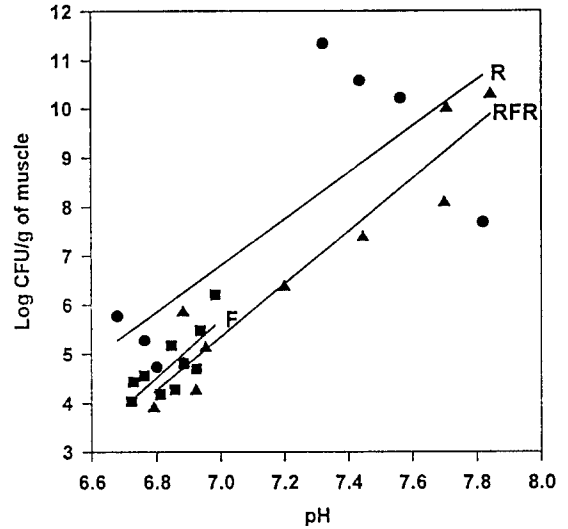


Fig. 4. Relationship between pH and bacterial counts of cod fillet during cold storage. R : refrigerated at 5°C, F : frozen at -20°C, RFR : repeated freezing and refrigerating every other day.

Table 1. Regression values of pH versus bacterial counts of cod muscle during cold storage.  $Y = a + b \times (\text{pH of cod muscle})$

Fish sample	Intercept (a)	Slope (b)	Determination coefficient ( $r^2$ )
R	-26.3510	4.7360	0.5352**
F	-35.1232	5.8306	0.6105**
RFR	-32.3161	5.3810	0.9155**

<sup>a,b</sup>The different letters within column indicates a significant difference ( $p < 0.05$ ).

\*\*1% significant level.

R : refrigerated at 5°C, F : frozen at -20°C, RFR : repeated freezing and refrigerating every other day.

한 관리를 위하여 식품의 저온저장에서 중온균의 수와 함께 저온세균수를 측정하는 것이 바람직한 것으로 생각된다.

3. 저온저장중 drip량의 변화

Fig. 5는 저온저장방법에 따른 어육의 free drip량의 변화를 회귀직선으로 나타내었으며 Table 2는 free drip량의 변화에 대한 통계처리 결과이다. 냉장(R)과 동결저장한 시료(F)의 free drip량의 평균값은 각각  $27.06 \pm 9.75$ ,  $27.56 \pm 8.02\%$ 로서 전저장기간동안 drip량은 큰 변화가 없었으며 저장기간이 길어질수록 약간 감소하는 경향을 나타내었고 두 시료간에는 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 냉장과 동결을 반복한 시료

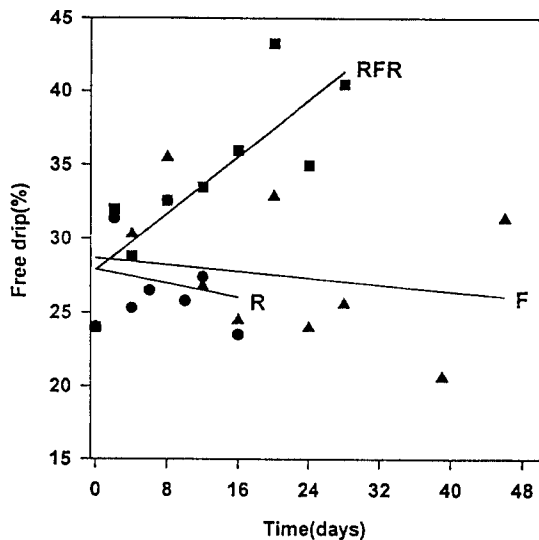


Fig. 5. Changes in the amount of free drip from cod fillet during cold storage. R : refrigerated at 5°C, F : frozen at -20°C, RFR : repeated freezing and refrigerating every other day.

Table 2. Regression values of free drip versus storage time of cod muscle during cold storage.  $Y = a + b \times (\text{days of cold storage})$

Fish sample	Intercept (a)	Slope (b)	Determination coefficient (r <sup>2</sup> )
R	27.8992	-0.1154 <sup>a</sup>	0.0347
F	28.6646	-0.0561 <sup>a</sup>	0.0312
RFR	27.8582	0.4823 <sup>b</sup>	0.6970 <sup>**</sup>

<sup>a,b</sup>The different letters within column indicates a significant difference ( $p < 0.05$ ).

<sup>\*\*</sup>1% significant level.

R: refrigerated at 5°C, F: frozen at -20°C, RFR: repeated freezing and refrigerating every other day.

(RFR)는 저장기간이 길어질수록 drip량이 증가하는 경향으로서( $r=0.84$ ) 전 저장기간 동안의 평균치는  $33.97 \pm 10.70\%$ 로서 냉장 혹은 냉동한 시료에 비하여 20% 정도 높은 값을 나타내었으며 냉장시료와는 1%, 냉동 시료와는 5% 수준에서 유의적인 차이를 나타내었다.

본 실험결과에 나타난 free drip의 양은 橋本과 渡部<sup>24)</sup>가 냉동저장한 참치와 尾藤<sup>6)</sup>이 조사한 냉동 가다랭이 육의 free drip량에 비하여 월등히 높은 값을 나타내었다. 본 실험에 사용한 시료는 일정크기로 절단된 fillet 상태로서 유통과정에서도 저장온도의 변화가 있을 수 있으며 동결저장하는 과정에서도 근원섬유의 절단으로 인하여 미생물이 증식하기에 좋은 환경이 조성되어<sup>25)</sup>

세균수가 증가될 뿐만 아니라 많은 양의 drip이 유출된 것으로 추정된다. 특히 냉동과 해동을 반복한 시료에서 free drip의 양이 가장 많았으며 저장기간이 길어질수록 그 양이 증가하였는데, 이는 냉동과 해동을 반복하는 과정에서 근원섬유의 절단과 세균의 증식으로 생성된 빙정이 점차 커져서 해동 후에 drip으로 유출된 결과로 생각된다. Tokiwa와 Matsuyama<sup>26)</sup>는 생선을 -15~-28°C에 저장하였을 때 근원섬유의 절단속도가 가장 빠르다고 보고하였는데 본 실험에서 사용한 동결온도가 바로 이 범위 내에 속하는 가정용 냉장고의 냉동실이었기 때문에 주의를 요하고 있다.

한편, free drip과 어육의 pH는, 냉동과 냉장을 반복한 시료에서 free drip량은 어육의 pH 증가와 더불어 증가하는 경향을 나타내었다. 이 결과는 尾藤<sup>6)</sup>은 냉동 가다랭이에서, Tomilson 등<sup>27)</sup>은 넙치에서 free drip은 생선의 pH가 높을수록 감소하는 것으로 보고한 것과는 상반된 결과를 나타내었다. 田中<sup>11)</sup>은 냉동 대구에서 동결속도에 따라 생성되는 빙정의 크기가 다르기 때문에 완만동결에서는 빙정의 생성이 커지고 이로 인하여 어육은 스펀지화되어 냉동 대구살의 맛을 나쁘게 하는 요인으로 분석하였다.

이러한 실험결과를 종합해 볼 때 저온저장에서 온도의 변화는 어육의 품질저하의 주된 요인이 되며 특히 냉동한 시료는 해동과 냉동을 반복함으로써 빙정의 생성을 촉진시키고 근원섬유의 절단으로 세균이 증식하기에 좋은 환경이 조성되어 pH와 drip의 양을 증가시키고 품질저하를 촉진시켜 맛을 나쁘게 하는 요인이 되는 것으로 판단된다.

## 요 약

냉동상태로 포장하여 판매되고 있는 생선(대구살)을 대구지역 슈퍼마켓에서 구입하여 냉장(R : refrigerating), 냉동(F : freezing), 냉장과 동결을 반복(RFR : repeated freezing and refrigerating)하는 3군으로 나누어 저온저장하면서 저장중의 중온균과 저온세균의 수, free drip량과 pH의 변화를 측정하여 이들의 상관관계를 비교하였다. 저장직전의 해동어육의 생균수는 중온균이  $6.5 \times 10^4$ , 저온세균이  $7.4 \times 10^3$  cells/g이었으며 냉장한 시료에서는 저장 8일, 냉장과 동결을 반복한 시료에서는 저장 16일 후에  $10^7$  cells/g을 초과하여 초기 부패에 도달하였다. 동결시료의 경우에는 46일간의 전 저장기간 동안 저장 28일째에 약  $10^6$  cells/g으로 생균수가 가장 많았으며 신선한 상태가 유지되었다. 저온저장 중 저장초기에는 중온균의 수가 약간 많았으나

저장기간이 경과하면서 저온세균의 수가 빠르게 증가하여 저장말기에는 저온세균의 수가 중온균의 수보다 증가하였다. 저장중 pH의 변화는 생균수의 변화에 비례하여 증가하였으며  $r=0.73\sim 0.96$ 의 높은 상관관계를 나타내었다. 저온저장 중의 drip량은 냉장시료에서  $27.06\pm 9.75$ , 냉동시료에서  $27.56\pm 8.02\%$ 로서 전 저장기간 동안 drip량은 큰 변화가 없이 두 시료간에는 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 냉장과 동결을 반복한 시료는 저장기간이 길어질수록 drip량이 증가하는 경향으로서( $r=0.84$ ) 전 저장기간 동안의 평균치는  $33.97\pm 10.70\%$ 로서 냉장과 냉동시료에 비하여 20% 정도 높은 값을 나타내었고 냉장 및 냉동시료와 유의적인 차이를 나타내었다.

### 참고문헌

- Liston, J. : Microbial hazards of seafood consumption. *Food Technol.*, **44**(12), 56~62(1990).
- 류홍수 : 수산식품의 영양적 특성. *한국조리과학회지*, **13**, 217~218(1997).
- 구성자 : 수산식품의 조리과학 특성. *한국조리과학회지*, **13**, 221~250(1997).
- 오명숙, 이미숙, 전종희, 황인경 : 영양과 식품, 효일문화사 p. 256~258(1994).
- 이용호, 이정석, 주동식, 조순영, 최홍길, 김진수, 조만기, 조덕제 : *한국식품과학회지*, **29**, 722~729(1997).
- 尾藤方通 : 凍結カツオ肉の保水力と pHとの關係, *日水誌*, **44**, 163~169(1978).
- 田中武夫 : 凍結-貯藏タラ肉におけるのスポンジ化の生成機構とその防止, *東海水研報*, **116**, 67~225(1985).
- Kim, B. Y., Hamann, D. D., Lanier, T. C., and Wu, M. C. : Effects of freeze-thaw abuse on the viscosity and gel-forming properties of surimi from two species. *J. Food Sci.*, **51**, 951~956(1986).
- Greene, D. H. and Bernatt-Bryne, E. I. : Adenosine triphosphate catabolites as flavor compounds and freshness indicators in Pacific cod(*Gadus macrocephalus*) and Pollock(*Theragra chalcogramma*). *J. Food Sci.*, **55**, 257~258(1990).
- Ehira, S., and Uchiyama, H. : Fresh-lowering rates of cod and sea bream viewed from changes in bacterial count, total volatile base- and trimethylamine-nitrogen and ATP related compounds. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **40**, 479~487(1974).
- 田中武夫 : 冷凍タラ肉のスポンジ化に関する研究. *冷凍*, **40**, 3~13(1965).
- Magnusson, H. and Martinsdottir, E. : Storage quality of fresh and frozen-thawed fish in ice. *J. Food Sci.*, **60**, 273~278(1995).
- Randell, K., Ahvenainen, R., Latva-Kala, K., Hurme, E., Mattila-Sandholm, T., and Hyvonen, L. : Modified atmosphere-packed marinated chicken breast and rainbow trout quality as affected by package leakage. *J. Food Sci.*, **60**, 667~672(1995).
- Okuzumi, M. and Awano, M. : Seasonal variations in numbers of psychrophilic and halophilic histamine-forming bacteria(N-group bacteria) in seawater and on marine fishes. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **49**, 1285~1291(1983).
- Shaban, K., Ochiai, Y., Watabe, S., and Hashimoto, K. : Quality changes in Kuruma prawn during frozen and ice storage. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **53**, 291~296(1987).
- 채영암, 구자옥, 서학수, 이영만 : 기초생물통계학, 향문사, p. 37~49, 177~212(1991).
- Ayers, J. C. : The relationship of organisms of the genus *Pseudomonas* to the spoilage of meat, poultry and eggs. *J. Appl. Bacteriol.*, **23**, 471~486(1960).
- Fernandes, C. F., Flick, G. J., Silva, J. L., and McCaskey T. A. : Influence of processing schemes on indicative bacteria and quality of fresh aquacultured catfish filets. *J. Food Prot.*, **60**, 54~58(1997).
- Okuzumi, M. Yamanaka, H., and Kubozuka, T. : Occurrence of various histamine-forming bacteria on/in fresh fishes. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **50**, 161~167(1984).
- Ellender, R. D., Sharp, S. L., Comar, P. G., and Tettleton, R. P. : Rapid methods to evaluate the bacteriological quality of frozen crabmeat. *J. Food Prot.*, **56**, 545~547(1993).
- Weaver, R. A. and Shelef, L. A., Antilisterial activity of sodium, potassium or calcium lactate in pork liver sausage. *J. Food Safety*, **13**: 133~137(1993).
- Harrison, M. A., Huang, Y. W., Chao, C. H. and Shineman, T., Fate of *Listeria monocytogenes* on packed, refrigerated, and frozen seafood. *J. Food Prot.*, **54**, 524~530(1991).
- 하덕모 : 식품의 변질과 저장, 최신 식품미생물학, 신평출판사, p. 371~404(1995).
- 橋本周久, 渡部終五 : マグロ肉の凍結貯藏中における肉色および保水性の變化. *日水誌*, **49**, 203~206(1983).
- 藤井建夫 : 食品冷凍における微生物の舉動, *食の科學*, **79**, 26~34(1984).
- Tokiwa, T. and Matsumiya, H. : Fragmentation of fish myofibril. Effect of storage condition and muscle cathepsin. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **35**, 1099~1109(1969).
- Tomilson, N., Geiger, S. E. and Dollinger, E. : Free drip, flesh pH, and chalkiness in halibut. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, **23**, 673~680(1965).