

## 電氣傳導도를 이용한 魚肉의 鮮度判定

李 炳 昊

東義大學校 食品營養學科

## Determination of Freshness of Fish Meat using Electric Conductivity Meter

Byeong-Ho LEE

*Department of Food and Nutrition, Dong Eui University  
Pusan, Korea 614-013*

A new devised conductivity meter was used in the rapid and convenient determination of freshness of fish meats. Electric conductivity of frozen fishes like cod, tuna, flounder, Alaska pollock were demonstrated about  $6,100 \pm 200 \mu\Omega$  at the beginning of spoilage showed VBN content of 30~35mg% while that of fresh meat of yellow tail, rock trout, and mackerel were in the range of 5,100~5,400  $\mu\Omega$ . The relationship between electric conductivity and freshness as measured by VBN content was direct proportion during the deterioration of fish meat. It was presumed that electric conductivity change of red muscled fish was more temperature dependence than that of white muscled fishes.  $Q_{10}$  value of mackerel meat was about 2.34 at the temperature ranged from 15 to 30°C ( $\pm 1^\circ\text{C}$ ). The electric conductivity obtained with conductivity meter could be a valuable criteria for the freshness test of fish meat determining in 10 seconds by handy compact portable meter.

## 서 론

생물체의 전기저항 내지 전기전도도에 관한 연구는 과실 및 야채의 숙도와 전기전도도(淺見, 1931, 早川, 1932)에 관한 연구가 있으며 한편 死後에 급격하게 저하하는 어체(魚體)의 신선도와 전기저항에 관한 연구로는 Tamura(1932), Yamamura(1941) 및 Yamada(1948)의 연구가 있고 이들은 Kohlraush bridge를 사용하여 전기저항을 측정, 어육조직의 자가소화와 함께 전기저항이 감소됨을 보았고, 직류가 교류보다 더 큰값을 나타낸다고 하였다.

어체와 전기전도도와 관계에 관한 연구로는 저장시간과 저장온도를 달리했을 때의 전기전도도의 변화에 관한 연구(Tillmans 등, 1927; Riddell 등, 1937; Labarre와 Fougere; 1942) 이래, Yamada와 Kitano(1948), Ito 등(1949)과 Asakawa(1956) 등은

잉어 근육이 저장중 자가소화전후와 부패초기에 이름에 따라 단계적으로 전기저항이 감소함을 보고한 바 있다.

그외에 식품에 관한 전기전도도와 단백질의 포말안정성과 같은 유흥특성과의 관계에 관한 보고가 있고 포말의 크기가 크거나, 또 많을수록 전기전도가 증가한다고 보고되었다(Kato 등, 1983; Takahashi 등, 1985).

어체나 어육의 신선도측정법으로 종래의 방법은 관능적방법, 세균계측법, 물리적방법 및 화학적방법이 있으나 이중 관능적방법은 경험이 많아야 하고 물리적방법은 부정확하며 세균계측법은 측정에 장시간이 소요되는 폐단이 있다. 화학적방법으로는 휘발성염기(VBN), 휘발성산, 비단백질소, 아미노질소, 암모니아, 트리메틸아민(TMA),  $\text{H}_2\text{S}$  및 Indole 등을 측정하여 신선도판정의 지표로 삼고 있는데

이 방법들은 정확도가 가장 높다. 그러나 이들 화학성분의 정량에 많은 설비가 있어야 하고 그 측정에는 고도로 숙련된 기술이 필요할뿐만 아니라 선도의 판정까지는 장시간이 소요되므로 역시 불편한 방법이다.

본 실험에서는 Ahmon 법(1978)을 이용한 정확도가 크고 간편하며 단시간내에 쉽게 측정 가능한 실용성있는 Conductivity meter를 제작하여 시장에 많이 유통되고 있는 몇가지 선어와 냉동어를 대상으로 어체의 사후 및 유통중 육질의 변패와 함께 변화하는 전기전도도를 측정하였다. 또한 종래의

방법인 관능적검사법, 휘발성염기질소법(VBN), pH측정법 및 세균검사법을 병행하여 그 결과와 비교 검토하였으며 또 온도계수를 산출하여 부패초기에 이르는 시간의 예측을 시도하여 그 실용성을 고찰하였다.

### 재료 및 방법

재료: 실험에 사용한 시료는 부산공동어시장에서 구입하였고 크기와 상태는 Table 1과 같다.

Table 1. Summary of sample experimented

Sample	Scientific name	State of sample	Length (cm)	Weight (g)
Yellow tail(방어)	<i>Seriola quinqueradiata</i>	Live	45~47	940~ 960
Rock trout(쥐노래미)	<i>Hexagrammos otaki</i>	Live	30~35	330~ 350
Mackerel(고등어)	<i>Scomber japonicus</i>	Fresh	39~40	710~ 720
Cod(대구)	<i>Gadius macrocephalus</i>	Frozen	54~76	1,200~1,500
Alaska pollock(명태)	<i>Thelagra chalcogramma</i>	Frozen	45~47	500~ 550
Flounder(참가자미)	<i>Limanda herzensteinii</i>	Frozen	34~36	480~ 490
Tuna(가다랭이)	<i>Katsuwonus plamis</i>	Frozen block	~	1,000

Conductivity meter의 제작: Ahmon 방식으로 교류용 Kohlroush bridge를 사용하여 제작하였으며 저항 R(ohm)은 다음 (1)식에 의하여 구할 수 있다.

$$R = \rho \frac{l}{S} (\Omega) \dots\dots\dots (1)$$

여기서 S는 단면적(m<sup>2</sup>), l은 도체의 길이(m)이며 ρ(Ω-m)는 고유저항률(electric resistivity)이다. 그리고 고유저항률의 역수를 전기전도도라 하고 σ로 표시하였다.

$$\sigma = \frac{1}{\rho} (u/m) \dots\dots\dots (2)$$

또 Conductance G(mho · u)는 다음과 같다.

$$G = \frac{1}{R} \dots\dots\dots (3)$$

위의 (1)~(3)식에서 볼때 길이가 1cm, 면적이 1cm<sup>2</sup>인 물체의 conductance는 ρ의 역수나 저항의 역수와 같아지게 된다. 따라서 본 연구에서 사용한 어육의 탐침용 입력 probe는 폴리브덴을 재료로 한 세로, 가로 1cm인 극판 2개를 거리 1cm에 놓이도록 고정된 뒤(Kato 등, 1983) 전극을 연결하여 사용하였으며 어육에 잘 삽입되도록 0.7mm로 얇게 절단하였다(Fig. 1). 정현파 600Hz를 발진시키기 위하여 Wien bridge를 사용하였으며 어육의 부패정도에

따라 conductivity의 변화가 심할 것을 예상, 이 변화에 따른 발진주파수 및 발진파형의 크기 변화를 최대한 방지하기 위하여 Buffer stage를 2단 사용하였다.

제작한 probe의 교정을 위하여 25℃에서 0.01 normal KCl solution method를 이용하여 지시치가 1,408.1(μv/cm)되도록 조정하였다(YSL, 1983).

Electric conductivity의 측정: 시료어를 15℃, 20℃, 25℃ 및 30℃로 조절된 항온기에 넣어 일정시간 간격으로 24시간 동안에 round는 어깨, 배, 꼬리부분을 함께 측정하여 그 평균값을 취하였다.

휘발성염기질소(Volatile basic nitrogen, VBN)의 측정: Conway unit를 사용하는 미량확산법(日本厚生省, 1960)으로 하였다.

pH의 측정: Electric conductivity를 측정한 부위의 어육을 균질화하여 유리전극(ORION CO., 611, USA)법으로 측정하였다.

세균검사: 위에서 측정한 부위의 어육을 표준한 천평판법으로 측정하였다.

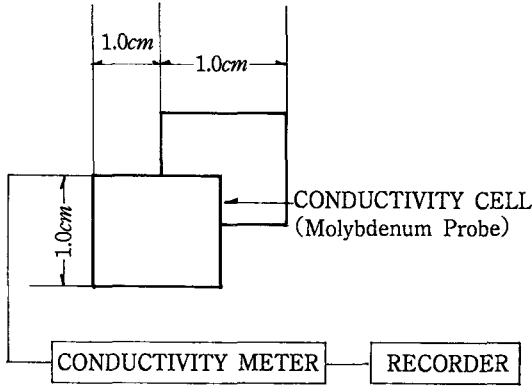


Fig. 1. Diagram of conductivity cell.

결과 및 고찰

초기부패와 Electric conductivity: 냉동가다랭이 육을 해동하여 30℃로 조절된 항온기에서 시간의 경과에 따라 휘발성염기질소, electric conductivity, 생균수 및 pH를 측정 한 값은 Table 2와 같다. 해동직후 가다랭이육의 VBN은 등살과 배살이 각각 11.31, 11.15mg%로써 신선하였고 이는 Uchiyama 등(1970)이 냉동가다랭이 윗감으로 15mg%면 좋다고 발표한 값에 훨씬 못미치는 수치였다. 그리고 이때의 electric conductivity는 각각 2,912( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), 3,382( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )였으며 또 생균수는  $1.3 \times 10^4$ ,  $3.5 \times 10^3$ , pH는 5.95, 5.79였다.

등살과 배살의 초기부패 현상은 약 15시간과 12시간만에 나타났고 이때의 electric conductivity는 각각 5,901( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), 6,171( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )였으며 VBN은 30.27, 31.11mg%, pH는 각각 6.03, 5.98이었다.

등살과 배살의 초기부패에 이르는 시간의 차이가 나는 것은 지방 등의 성분 차이에서 오는 결과로 보아진다.

Table 3과 Table 4는 round상태의 냉동대구육과 방어를 30℃로 조절된 항온기에 저장, 시간경과에 따른 electric conductivity의 변화를 나타낸 것이다.

냉동대구는 electric conductivity가 6,431( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )일때 초기부패 현상이 나타났고 이때의 VBN은 35.32mg%, 생균수와 pH는 각각  $1.9 \times 10^5$ , 6.87였다. 한편 방어는 즉살 10시간 후 electric conductivity가 냉동대구보다 약 1,000( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) 낮은 5,340( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )일때 초기부패 현상이 나타났고 이때의 VBN은 35.33mg%였으며 생균수와 pH는  $2.3 \times 10^3$ , 6.00였다.

위의 결과로 볼때 냉동대구의 초기부패 때 electric conductivity는 방어보다 높고, VBN은 상대적으로 낮은 값을 나타내었다. 냉동어는 해동과정에서 이미 생성되어 있던 VBN의 유실 또는 증발때문이다든가 혹은 냉동저장 중의 육조직의 이화학적변화 탓으로 생각되어 진다.

Tamura(1932)가 잉어육을 -20℃에서 냉동하여 이 온도에서 4일간 저장한후 25℃에서 해동하여 전기저항을 측정하여 그 차가 많았음을 보고 하였는데 이는 본 실험결과를 뒷받침하고 있으며, 그 이유는 어육이 동결로 인한 조직손상때문에 해동 drip이 많고 lysosome의 동결손상으로 cathepsin이 활성화되어 자가소화가 촉진되고 따라서 근원섬유의 변성을 가져오고, 또 해당작용으로 인한 젖산의 생성, 생체 자체의 효소 활성화에 의한 분해산물인 핵산 관련물질이 electric conductivity에 영향을 미치기 때문으로 추측된다. 비록 -20℃의 낮은 온도일

Table 2. Changes in VBN, electric conductivity, viable cell and pH of thawed tuna meat during storage at 30℃.

Time (hr)	VBN(mg%)		Electric conductivity( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )		Viable cell/gr		pH	
	Dorsal meat	Belly meat	Dorsal meat	Belly meat	Dorsal meat	Belly meat	Dorsal meat	Belly meat
0	11.15	11.31	2,912	3,382	$1.3 \times 10^4$	$3.5 \times 10^3$	5.95	5.79
2	14.89	14.78	3,711	3,783	-	-	-	-
3	15.14	16.97	3,893	4,361	$3.2 \times 10^4$	$2.7 \times 10^3$	5.96	5.86
6	21.33	22.53	4,922	5,206	$4.2 \times 10^5$	$2.0 \times 10^6$	5.63	5.87
9	22.63	23.75	5,664	5,778	$4.0 \times 10^5$	$2.7 \times 10^6$	5.65	5.99
12	23.33	31.11	5,689	6,171	$8.5 \times 10^5$	$1.4 \times 10^7$	5.96	5.98
15	30.27	32.07	5,901	6,509	$1.2 \times 10^7$	$9.5 \times 10^7$	6.03	6.13
18	37.33	37.33	7,150	7,669	$1.8 \times 10^7$	$2.0 \times 10^8$	6.12	6.15
21	-	45.25	-	7,709	-	$8.5 \times 10^8$	-	6.11

지라도 세균의 작용은 정지되어 세균에 의한 변패는 없었지만 근육내 효소는 계속 작용하기 때문에 효소에 의한 단백질 분해가 일어날 것이고 따라서, 그 분해생성물이 electric conductivity에 영향을 미칠 것으로 보인다.

Amano(1964)와 Tomioka(1974)의 연구결과와 같이 대구과에 속하는 어종은 냉동 중 TMAO가 사후 환원효소에 의하여 TMA와 DMA로 되는데 그 생성속도가 빠르기 때문에 이들 생성물이 electric conductivity 상승요인으로 작용할 것으로 간주되며 해동 후에는 휘발성염기질소, TMA, 유리아미노산 등이 상승작용을 할 것으로 보인다.

Fig. 2는 몇가지 냉동어의 저장시간에 따른 electric conductivity의 변화를 20℃에서 측정된 결과인데 냉동대구, 냉동가자미는 초기부패가 일어났을 때의 electric conductivity는 각각 6,250( $\mu\text{v}/\text{cm}$ ), 6,170( $\mu\text{v}/\text{cm}$ )였고, 냉동명태는 6,350( $\mu\text{v}/\text{cm}$ )였으며 그때까지는 전자가 10시간, 후자는 8시간 걸렸으나 변화 양상은 비슷하였다.

Table 3. Change in VBN, electric conductivity, viable cell and pH of frozen cod meat during storage at 30℃.

Time (hr)	VBN (mg%)	Electric conductivity ( $\mu\text{v}/\text{cm}$ )	Plate count/gr	pH
0	19.10	3,698	$6.2 \times 10^4$	6.03
2	19.32	4,010	$7.4 \times 10^4$	6.13
4	23.27	4,358	$2.8 \times 10^5$	6.36
6	35.32	6,431	$1.9 \times 10^5$	6.87
8	41.01	7,270	$2.0 \times 10^5$	6.86
10	43.08	-	$3.4 \times 10^5$	6.96
12	46.06	7,487	$1.2 \times 10^6$	6.71
14	-	-	-	-
16	56.02	7,550	$1.5 \times 10^7$	6.89
18	77.26	7,791	$1.1 \times 10^8$	7.10
20	80.77	-	-	-

VBN과 Electric conductivity: VBN과 electric conductivity의 상관관계를 알고자 실험한 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 냉동대구육(fillet)과 냉동가다랭이와 방어가 다같이 초기부패까지는 직선적으로 증가함을 볼 수 있었고-부패초기에 VBN이 30~35mg%일때 electric conductivity는 냉동가다랭이,

Table 4. Change in VBN, electric conductivity, viable cell and pH of yellow tail meat(round) during storage at 30℃.

Time (hr)	VBN (mg%)	Electric conductivity ( $\mu\text{v}/\text{cm}$ )	Plate count/gr	pH
0	3.22	1,838	$3.0 \times 10^2$	5.94
2	5.622	2,287	$3.2 \times 10^2$	5.95
4	14.18	2,659	$1.3 \times 10^2$	5.94
6	18.20	3,230	$1.8 \times 10^2$	-
8	28.90	4,111	-	5.76
10	35.33	5,340	$2.3 \times 10^3$	6.00
12	42.67	5,991	$3.1 \times 10^3$	6.19
14	-	-	-	-
16	45.33	6,100	$4.0 \times 10^4$	5.94
18	46.42	6,500	$2.9 \times 10^5$	6.22
20	48.10	6,903	-	-

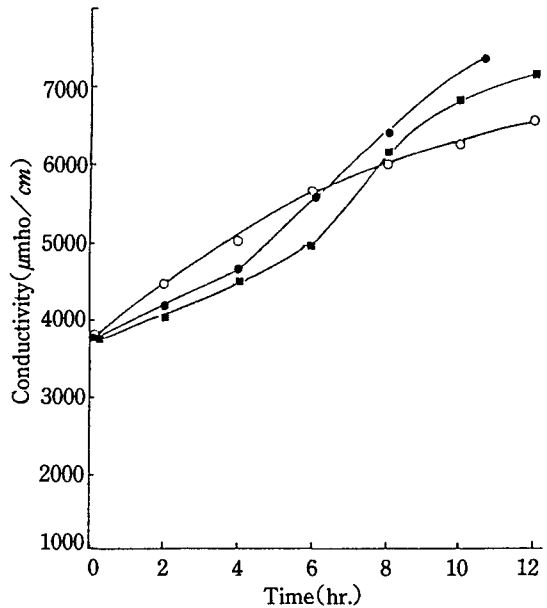


Fig. 2. Electric conductivity of several frozen fish during storage time at 20℃.

cod(●), Alaska pollack(■), flounder(○).

냉동대구가 6,000~6,200( $\mu\text{v}/\text{cm}$ ), 비냉동어인 방어는 5,000~5,400( $\mu\text{v}/\text{cm}$ ) 범위내에 있어 약 1,000( $\mu\text{v}/\text{cm}$ ) 낮았음-다만 방어같이 선도가 극히 좋은 것은 electric conductivity의 증가속도가 완만할 따름이었다.

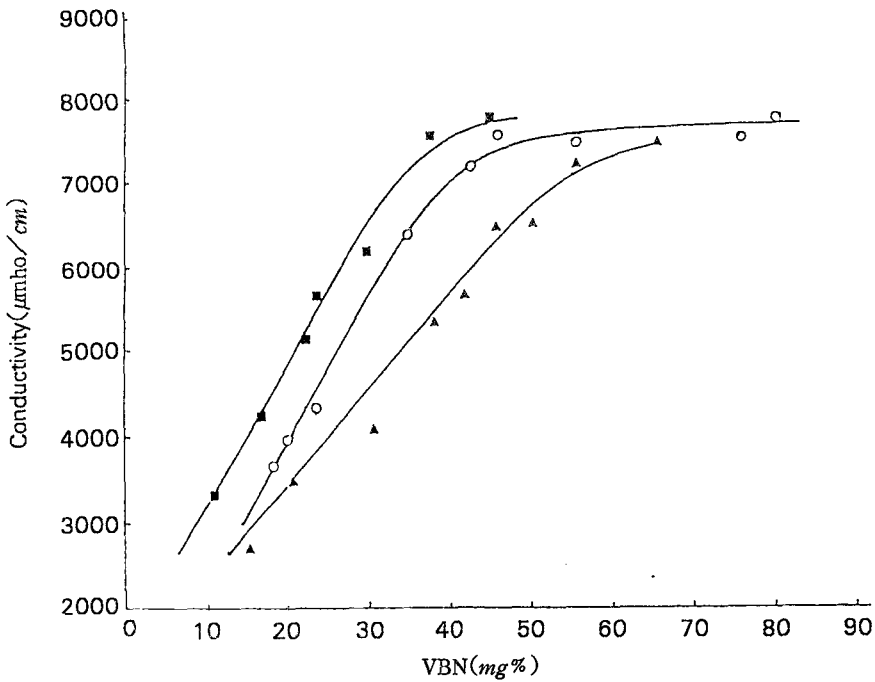


Fig. 3. Relation between electric conductivity and volatile basic-N of fish meat at 30°C. tuna(■), cod(O), yellow tail(▲).

백색육과 적색육의 Electric conductivity: Fig. 4는 살아있는 쥐노래미와 방어를 즉살하여 20°C와 30°C로 조절된 향온기에 넣고 저장시간에 따른 electric conductivity의 변화를 나타낸 그림인데 시간의 경과와 더불어 거의 같은 양상으로 증가함을 볼 수 있다. 방어는 혈합육이 많은 적색육어이기 때문에 electric conductivity의 증가속도가 빠를줄로 예상하였으나 예상밖의 결과가 나타났다. 이는 Kim 등(1986)이 방어육에 장염비브리오균을 이식하여 저장실험을 한 결과 저장초기 상당시간까지는 세균수가 감소하였다가 이후에 증가하였다는 보고로 미루어 볼때 방어육에 있는 어떤 항균요소 때문이 아닌가 여겨진다.

또한 시간에 따른 고등어육의 electric conductivity변화를 Table 4와 Fig. 5에 표시하였는데 고등어육의 부패초기 electric conductivity는 5,000~5,300(µv/cm)범위였고 이러한 값은 저장온도 30°C에서 약 3시간만에 나타났는데 같은 온도에서 환산한 냉동가다랭이 11시간, 냉동대구 8시간, 쥐노래미 7시간, 방어 6시간(Fig. 4, Table 2, 3)보다 훨씬 짧았다. 이러한 현상은 백색육어에 비하여 적색육어의 근육은 사후에 빨리 변질되며, 주원인은 사후에 pH가 빨리 저하되고 pH의 급속한 저하로 글리코젠이 많은 적색육의 해당작용을 촉진하여 그

부산물로 젖산이 생성되었기 때문이거나(常盤, 1974; 橋本 등, 1978), 新井 등(1966)과 川島 등(1973) 그리고 掛端 등(1978)의 보고와 같이 사후 pH의 급변에 따라 단백질의 변성이 빨라지며 근원 섬유소의 온도안정성이 백색육에 비하여 떨어진 결과로 해석된다. 특히 산성영역에서 변질이 빨리되어 썩 불안정한 것은 고등어, 정어리의 사후초기 pH가 6.0이하인 결과가 이를 뒷받침하고 있다.

어류의 근육조직중에 분포하는 단백질분해효소는 고등어, 정어리에 특히 많고 이의 종류에는 산성, 중성 및 알칼리성 단백질분해효소가 있는데(齊藤, 1958; Makinodan과 Ikeda, 1969b, 1976a, 1976b; Iwata 등, 1970b, 1973, 1974a)산성측이 알칼리성보다 고등어에는 5배, 정어리에 3.5배 더 활성을 띤다고 하였다. 이 효소들의 분해생성물이 사후 pH의 급속저하와 함께 electric conductivity의 급속한 상승에 영향을 미치는 것으로 생각된다.

약산성 영역에서 활성을 갖는 것은 고등어는 50°C에서 정어리는 45°C에서 최대 활성을 띤다하였다. (Makinodan과 Ikeda, 1971b, 1976a; Toyohara 등, 1982; 변 등, 1986). Fig. 4에서 보는 바와 같이 15°C보다 20°C가, 25°C보다 30°C쪽이 최대 활성온도에 접근할수록 부패속도가 빠르다는 사실을 알 수 있었다.

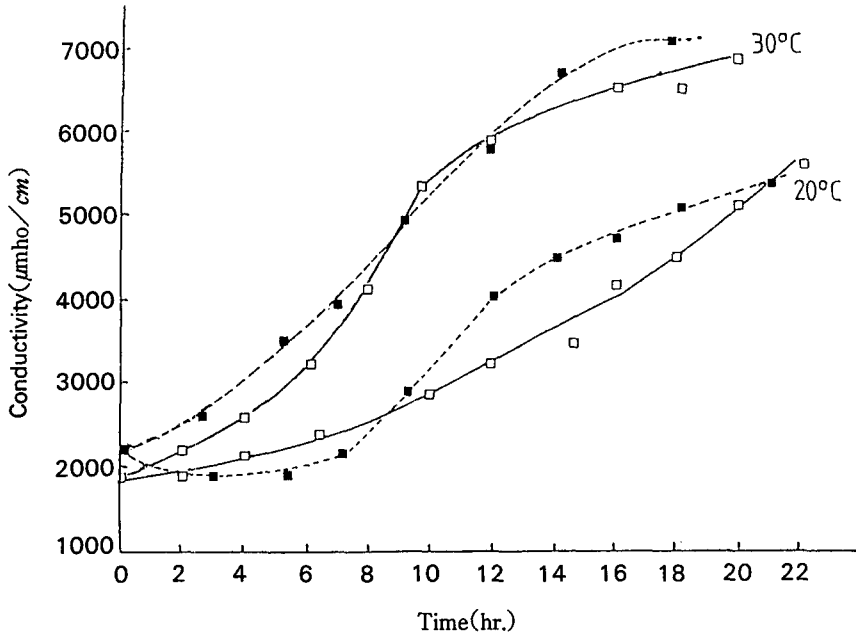


Fig. 4. Electric conductivity of yellow tail and rock trout meat at different storage temperature. yellow tail(□), rock trout(■).

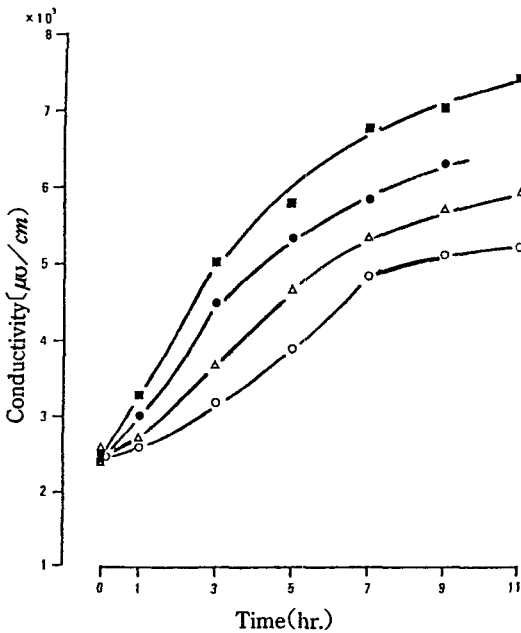


Fig. 5. Electric conductivity of mackerel meat during storage at various temperatures. 30°C(■), 25°C(●), 20°C(△), 15°C(O).

고등어의 사후변화와 온도계수의 산출: 신선한 고등어(VBN 13~18.5mg%)를 원형상태(round)로 15°C(±1°C), 20°C(±1°C), 25°C(±1°C), 30°C(±1°C)에서 포장하여 시간에 따른 electric conductivity의 변화를 측정, Fig. 5와 같은 결과를 얻었다.

초기부패가 시작되어 electric conductivity가 상승하기 시작하는 시간은 15°C에서 약 10시간, 10°C에서 약 6시간30분, 25°C에서 약 4시간30분, 30°C 약 2시간30분이었고, 이때의 electric conductivity는 약 5,000~5,300(μW/cm)사이였다.

이 실험값으로 시간의 대수와 온도로 부터 plot한 네개의 점을 연결하여 Fig. 6과 같은 직선을 얻고 이 직선에서 얻은 직선식(4)에서 초기부패에 이르는 시간의 온도계수  $Q_{10}=2.34$ 를 얻었다. 따라서 고등어의 부패가 시작되는 시간과 저장온도 사이에는 대수함수관계이며 또 온도계수로 부터 저장온도에 따른 초기부패에 이르는 시간을 예측하여 실험치와 근사함을 확인하였다.

$$\log T = -0.0369(t^{\circ}C) + \log 1.554 \dots\dots\dots (4)$$

(T; 초기부패에 이르는 시간, t°C; 저장온도)

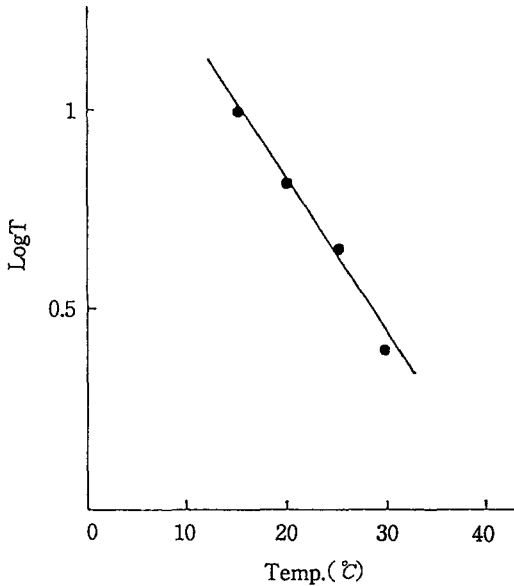


Fig. 6. The relations to the onset spoilage time with the storage to temperatures.

### 요 약

효율적이고 신속한 어육의 선도측정을 위하여 시중에 유통되고 있는 몇가지 주요어종을 선정하여 이들의 선도를 저장온도에 따른 전기전도도 (electric conductivity)를 교류용 Kohlraush bridge, Wien bridge를 사용하여 제작한 Conductivity meter로 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 냉동어육의 해동후 부패초기의 electric conductivity는  $6,100 \pm (\mu\text{S}/\text{cm})$  이었고 비동결어육인 방어와 쥐노래미 및 고등어의 부패초기 electric conductivity는  $20^\circ\text{C}$ 에서  $5,100 \sim 5,400 (\mu\text{S}/\text{cm})$ 로 냉동어육에 비하여 약  $1,000 (\mu\text{S}/\text{cm})$  낮았다.

2. VBN과 electric conductivity는 정상관관계를 가지며 부패초기 electric conductivity값이 나타났을 때의 VBN은  $30 \sim 35\text{mg}$  % 였다.

3. 적색어육인 고등어는 백색어육보다 사후 시간의 경과와 더불어 electric conductivity의 온도의존성이 크다는 것을 알았다.

4. 고등어육의 electric conductivity를  $15^\circ\text{C} (\pm 1^\circ\text{C})$ ,  $20^\circ\text{C} (\pm 1^\circ\text{C})$ ,  $30^\circ\text{C} (\pm 1^\circ\text{C})$ 에서 저장시간과 관계를 측정, 온도계수  $Q_{10} = 2.34$ 를 얻어 실측값과 유사함을 확인하였다.

5. 어류의 선도를 측정하는데 10초내외의 짧은 시간에 비교적 정확한 결과를 얻을 수 있고 어육의 선도변화에 영향을 주는 요인들을 포괄적으로 지

시하는 휴대용 Electric conductivity meter는 그 효용성이 높을 것으로 기대된다.

### 謝 辭

본 연구는 1988년도 산학협동재단 학술연구비로 이루어졌음을 밝히며 아울러 감사할 드리는 바입니다.

### 文 獻

Amano, K. and Y. Kinjiro. 1964. Formaldehyde formation from trimethylamine oxide by the action by pyloric caeca of cod. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 30(8), 639~645.

Ahmon, M. 1978. One-chip conductivity meter monitors salt concentration. Electronic Sopt. 15, p. 132~133.

新井健一, 1966. 海産無脊椎動物筋肉中の酸可溶核酸成分に關する研究. 昭和41年 北海道大學論文(水産學博士).

淺見興七, 1931. 科學(9), 318.

Askawa, S. 1956. A consideration on the post-mortem change of electrical resistance of fish muscle. (Prel. rept.) (In Japanese with English summary.) Bull. Japan Soc. Sci. Fish. 22, 718~720.

Hamamura, Y. 1933. Change of rigidity of fish-body during decomposition. Second Congress symposium 607. Fifth Pacific Science Congress.

高本昭彦, 新井健一. 1978. 數種魚類の筋原纖維 Ca-ATPaseの安定性に 及ぼす pHと 温度の影響, 日水誌 44, 1389~1393.

早川三郎, 1932. 科學, 2(1), 2.

Ito, H., N. Kyojuka. and C. Sugisaki. 1949. On the electrical resistance of the fish. (In Japanese.) J. Agr. Chem. Soc. Japan. 23, 191~193.

Iwata, K., K. Kobashi. and J. Hase. 1973. Studies on fish muscle alkaline protease-I. Isolation, purification and some physicochemical properties of an alkaline protease from carp muscle. Bull. Japan Soc. Sci. Fish. 39(12), 1325~1337.

Iwata, K., K. Kobashi. and J. Hase. 1974a. Studies on fish muscle alkaline protease-II. Some enzymatic properties of carp muscular alkaline pro-

- tease. Bull. Japan Soc. Sci. Fish. 40(2), 189~200.
- 掛端甲一. 1978. 魚體の大きさによる 鮮度と 蒲鉾形成能について. 昭和 53年度 試験研究報告(青森県水産物加工研究所), 1~34.
- Kato, A., T. Atsunobu, M. Naotoshi and K. Kunihiko. 1983. Determination of foaming properties of proteins by conductivity measurements. J. Food. Sci. 48, 62~65.
- 川島孝省, 大場明子, 新井健一. 1973. スケトウダラ 冷凍す川身中のアクトミオシン含量と かまぼこの弾力との関係について. 日水誌, 39, 1201~1209.
- Kim, Y. M., M. S. Lee, and D. S. Chang. 1986. The storage temperature effect on *Vibrio parahaemolyticus* in fish homogenates. Bull. Korean Fish. Sci. 19(2), 136~140.
- Labarre, J. and H. Fougere, 1942. Physical chemical changes in extracts of cod fillets with temperature and time. Trans. Roy. Soc. Can. V, 36, 41~43.
- Liston, J. 1964. The Technology of Fish Utilization. International Symposium. (FAO. ed.) 53~57.
- Makinodan, Y. and S. Ikeda, 1969a. Studies on fish muscle protease-II. Purification and properties of a proteinase active in slightly alkaline pH range. Bull. Japan Soc. Sci. Fish. 35(8), 749~757.
- Makinodan, Y. and S. Ikeda, 1969b. Studies on fish muscle protease-III. Purification and properties of a proteinase active in acid pH range. Bull. Japan Soc. Sci. Fish. 35(8), 758~766.
- Makinodan, Y. and S. Ikeda, 1971b. Studies on fish muscle protease-V. On the existence of cathepsin A, B and C. Bull. Japan Soc. Sci. Fish. 37(10), 1002~1006.
- Makinodan, Y. and S. Ikeda, 1976a. Studies on fish muscle protease-VI. Separation of carp muscle cathepsin A and D, and some properties of carp muscle cathepsin A. Bull. Japan Soc. Sci. Fish. 42(2), 239~247.
- Makinodan, Y. and S. Ikeda, 1976b. Studies on fish muscle protease-VIII. On the existence of protease active in neutral pH range. Bull. Japan Soc. Sci. Fish. 42(6), 665~670.
- 日本厚生省, 1960. 食品衛生指針 I. 揮発性鹽氣窒素, 30~32.
- 野中順三九, 橋木芳郎, 高橋豊雄, 1965. 水産食品學, 恒星社厚生閣刊, 東京, 74.
- Pyeun, J. H., H. R. Kim, and J. G. Cho, 1986. Proteolytic enzymes distributed in the tissues of dark flesh fish. Bull. Korean Fish. Soc. 19(5), 469~476.
- Riddell, W. A., H. N. Brocslslesby and L. I. Pugsley, 1937. Chemical and Biochemical studies of halibut. Fisheries Reseach Board Can. Progm. Repts. Pacific Coast. Stas. No. 33, 13~16.
- 齊藤要, 鮫島宗雄, 1958. 魚類の肉質變化に関する生物學的研究 VIII. 魚肉抽出液の proteolytic activityについて. 日水誌, 24(3), 201~204.
- Tamura, K. 1932. Change of electric resistance of fish-body during storage. Bull. Japan Soc. Sci. Fish. 1(4), 168~170.
- Tetsuya, F., A. Kato, and K. Kunihiki, 1985. Determination of emulsifying properties of some proteins by conductivity measurements. J. Food. Sci. 50, 56~58.
- Tillmans, J., P. Hirsch, and A. Kunn, 1927. Die bei beginnender fischfuldnis auftretenden chemischen und physiko-chemischen Veranderungen. 2. Untersuch. Lebensm. 53, 44~64.
- Tokunaga, T., 1970. Trimethylamine oxide and its decomposition in the bloody muscle of fish. Bull. Japan Soc. Sci. Fish. 36(5), 510~515.
- Tomioka, K. and J. Ogushi, 1974. Enzymic formation of dimethylamine from trimethylamine oxide. Bull. Japan Soc. Sci. Fish. 40(10), 1021~1026.
- Tomiyama, T., Y. Yone, and K. Ide, 1949. Studies on method of estimating freshness of fish. Bull. Japan Soc. Sci. Fish. 16(12), 17~21.
- Toyohara, H., Y. Makinodan, and S. Ikeda, 1982. Purification and properfies of carp muscle cathepsin A. Bull. Japan Soc. Sci. Fish. 48(8), 1145~1150.
- 常盤知宣, 1974. 魚肉筋原纖維の 調製と觀察. 水産生物化學, 食品學實驗書, 恒星社厚生閣刊, 東京, 170~178.
- Uchiyama, H., S. Ehira, H. Kobayashi, and W. Shimizu, 1970. Significance in measuring volatile base and trimethylamine nitrogen and nucleotide in fish muscle as indices of freshness of fish. Bull. Japan Soc. Sci. Fish. 36(2), 177~187.



- Uchiyama, H. and S. Ehira, 1970. The current studies on the freshness of fish with special reference to nucleic acid and their related compound. Bull. Japan Soc. Sci. Fish. 36(9), 977~992.
- Yamada, K. and E. Kitano, 1948. On the relation between the freshness of fish meat and the change of electric resistance. Bull. Japan Soc. Sci. Fish. 13(6), 232~236.
- Yamamoto, M. and M. Sonehara, 1953. An assay method for freshness of fishes by the estimation of pH value. Bull. Japan Soc. Sci. Fish., 9(6), 761~765.
- Yamamura, Y. 1941. Electric resistance of fish muscle. Bull. Japan Soc. Sci. Fish. 19(2), 83~85.
- YSI Operation manual, 1983. Yellow Springs Instrument Co. Inc., 15.

---

1989년 7월 19일 접수  
1989년 11월 18일 수리