

## 마이크로 컴퓨터를 이용한 어육의 신선도 측정장치의 개발

조영제 · 이남걸 · 김상봉\* · 최영준\*\* · 이근우\*\*\* · 김근배\*\*\*

부산수산대학교 식품공학과

\*부산수산대학교 기계공학과

\*\*경상대학교 수산대학 수산가공학과

\*\*\*군산대학교 수산가공학과

## Development of New Device for the Rapid Measurement of the Freshness of Wet Fish by Using Micro Computer

Young-Je CHO, Nam-Geoul LEE, Sang-Bong KIM\*, Young-Joon CHOI\*\*,  
Keun-Woo LEE\*\*\* and Geon-Bae KIM

Department of Food Science and Technology, National Fisheries University of Pusan,  
Pusan 608-737, Korea

\*Department of Mechanical Eng., National Fisheries University of Pusan, Pusan 608-737, Korea

\*\*Department of Marine Processing, Fisheries College, GyungSang National University,  
Chung Mu 650-160, Korea

\*\*\*Department of Seafood Processing, Kunsan University, Kunsan 573-360, Korea

To develop a device for measuring fish freshness which could be more accurate and reliable than used freshness measuring systems. A new device based on digital circuit was designed using a microcomputer. The device was composed of a sensor part, 8096 microprocessor and a segment display. The effectiveness of device has been evaluated by the coefficient of correlation among the measured freshness scores such as electrical Q-value, K-value and amount of volatile basic nitrogen (VBN) of plaice, *Paralichthys olivaceus*, during storage at  $-3^{\circ}\text{C}$ ,  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $5^{\circ}\text{C}$ ,  $10^{\circ}\text{C}$  and  $25^{\circ}\text{C}$ . Q-values measured by a new device were more closely correlated with K-value ( $r = -0.978 \sim -0.962$ ,  $P < 0.05$ ) and VBN ( $r = -0.888 \sim -0.988$ ,  $P < 0.05$ ) in case of plaice meat. If more data would achieve using various fishes, this new designed device could be a valuable kit in fish market by its compact portability.

**Key words** : measuring fish freshness, electrical Q-value, digital circuit, *Paralichthys olivaceus*

### 서 론

어육의 선도를 측정하는 방법에는 관능적인 방법, 세균학적인 방법, 물리적인 방법, 화학적인 방법 등이 알려져있다. 관능적인 방법은 단시간에 선도를 판정할 수 있으나, 많은 경험을 필요로 하고 개인적인 차이가 크다는 단점이 있으며, 세균학적인 방법은 측정에 소

요되는 시간이 길다는 문제가 있다(Fumiaki and Hitoshi, 1986). 화학적인 방법은 가장 널리 이용되고 있으나, 측정에 많은 설비 및 기기가 필요할 뿐 아니라 선도 판정에 긴 시간이 필요하다 (Yamamoto and Soehara, 1953).

어육은 사후에 근육중의 산소공급이 중단되면 사후 경직과 자가소화의 단계를 거쳐 부패하게 된다

이 연구는 1993년도 교육부 지원 한국학술진흥재단의 자유공모과제 학술연구 조성비에 의하여 수행되었음.

(Greaser, 1986). 사후 근육의 물리적인 변화는 근육의 수축과 깊은 관계가 있으며, myosin과 actin이 결합하여 근육이 수축되면 조직내의 교류 저항이 변하게 되어 impedance가 변하게 된다 (Hennings, 1965, Asakawa, 1957, Yamada and Kitano, 1948, Yamamura, 1941). 그리고 解硬과 더불어서 연화가 시작될 때에도 이와 같은 변화가 수반된다 (Tamura, 1932). 이같은 원리를 이용하여 전기적인 특성인 사후근육의 전기전도도를 측정하면 신속, 간단하게 어육의 신선도 측정이 가능할 것으로 추정된다. 그리고 동결육은 非동결육과는 달리 동결저장시 조직내에 생성된 빙결정에 의한 조직의 파괴 등이 품질에 영향을 미치므로 현재 사용되고 있는 화학적인 지표만으로는 선도의 정확한 판정이 곤란하다. 그러므로 전기전도도를 이용함으로써, 이같은 빙결정의 생성 및 성장에 따른 조직의 파괴가 품질에 미치는 영향을 정확히 측정할 수 있다 (Tamura, 1932).

따라서 본 연구에서는 전기적 특성인 전기전도도를 이용하여 기존의 아날로그방식에서 마이크로컴퓨터를 one-chip화하여 휴대가 간편하며, 측정 시간을 단축한 선도 판정 장치를 고안하였다. 아울러 본 장치를 이용한 측정결과를 휘발성염기질소 및 핵산관련물질의 변화와 비교함으로써 장치의 실용화 가능성을 검토하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 재료

넙치 (plaice, *Paralichthys olivaceus*: 체장 25~30cm, 체폭 12~14cm, 체고 2~3cm, 체중 700~800g, 양식 1년생) 15마리를 활어 상태로 실험실로 운반하여 15°C 해수에서 약 6시간 정도 피로를 회복시킨 후에, 頭部를 강타하여 즉살시킨 다음 혈액을 제거하고 -3°C, 0°C, 5°C, 10°C 및 25°C에 저장하면서 시료로 사용하였다.

### 2. 방법

(1) 저장중 어육의 화학적 및 물리적 변화의 測定

#### 1) 사후 경직도의 측정

Kim and Cho(1992)의 방법과 같이 측정하였다. 즉, 體長의 절반을 수평대 위에 올려 고정시킨 후에

꼬리 지느러미가 처진 부분을 시작점으로하여 경직이 진행되면서 이동한 거리의 변화를 백분율로 나타내었다.

#### 2) ATP 관련 물질의 측정

Iwamoto et al. (1987)의 방법으로 ATP 관련 물질을 추출하여 추출액을 -25°C 동결고에 동결 보관하였다. 측정시에 추출액을 증류수로서 10배 희석하여 0.45 $\mu$ m membrane filter로 여과한 후, HPLC에 주입하였다. 이동상은 0.05M KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>와 0.05M K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>의 인산 완충 용액 (pH 6.78)을 사용하였고, ATP 관련 물질 표준품은 Sigma사제를 사용하였다. 장치는 PHILIPS사제PYE UNICAM 고속액체크로마토그래프 자동분석 장치를 사용하였고 column은 Waters사제의  $\mu$ -Bondapack C<sub>18</sub>, 300 $\times$ 3.9mm의 역상 분배 column을 이용하였다.

#### 3) 휘발성 염기질소의 측정

5% TCA용액으로 제단백하여 시료용액을 조제한 후, Conway 미량 확산법으로 측정하였다 (Pharmaceutical Society of Japan, 1990).

#### 4) K-value의 환산

HPLC로 분석한 ATP 분해 물질의 양을 mole 농도로 구하여 Uchiyama et al. (1970)의 식에 따라 환산하였다.

### (2) 전기전도도에 의한 선도측정

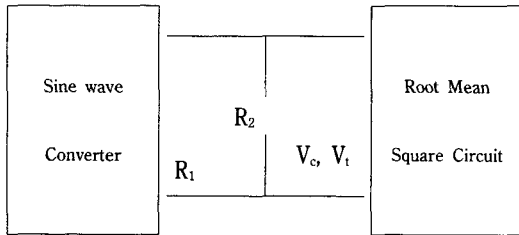
#### 1) 측정 원리

주파수가 변함에 따라서 신선한 세포 조직의 교류저항은 변하게 되어서 세포벽의 capacitance에 대한 정보를 준다는 것은 잘 알려진 사실이다 (Hennings, 1965). 사후 어육의 근육은 혐기적 조건하에서 근육의 死後硬直이 일어나고, 이어서 자가소화 효소에 의한 육의 분해가 일어난다. 이 때에 근육은 capacitance를 잃게 되므로 저장 기간이 길어짐에 따라서 근육의 impedance 주파수 변화에 대한 차이는 점점 감소하여 마침내 zero로 접근하게 된다(Hennings, 1965). 어체의 전기적인 특성은 Fig. 1과 같이 나타낼 수 있다.

Fig. 1의 sine wave converter에서 일정 주파수의 sine波를 생성하여 魚體를 통과시킨다. 이 때 R<sub>2</sub>에서 생성되는 AC전압 V<sub>i</sub>를 RMS (Root mean square)회로를 거쳐 마이크로 프로세서 내의 A/D변환기로 입력시킨다. 이 전압 V<sub>i</sub>는 RS-232C 통신으로 PC입력되어

R<sub>1</sub>부분에 저항이 없는 상태, 즉 어육이 없는 short된 상태의 전압 V<sub>c</sub>와의 비율을 (1)식으로 처리하여 신선도의 상대치 Q값을 구하였다.

$$Q(\%) = \left(1 - \frac{V_t}{V_c}\right) \times 100 \quad (1)$$



V<sub>c</sub>: Voltage which non-existence of fish muscle of part R<sub>2</sub>(ic, R<sub>1</sub>=0)  
 V<sub>t</sub>: Voltage which existence of fish muscle of part R<sub>2</sub>

Fig. 1. Configuration for freshness measurement.

그리고 동일조건하에서 물리 화학적 실험에서 얻은 실험치와 상관성을 비교검토하여 선도의 판정을 검정하였다.

2) 실험 장치의 구성

Fig. 2에서와 같이 선도측정 장치는 sensor, microprocessor, segment display로 구성하였으며, microprocessor는 10bit 분해능을 가진 A/D변환기를 내장한 8096 one-chip microprocessor를 사용하였고, PC는 범용 32bit 퍼스널 컴퓨터를 사용하여 microprocessor에서 측정된 data를 RS-232C를 통해서 계산, 그래픽 처리, 저장하는 역할을 수행하도록 하였다. Sensor, 주파수 발생기, sine파 변환기, 실험치 변환기 및 segment display는 직접 IC module을 사용하여 제작하였다.

8096microprocessor는 16bit CPU로서 프로그램이 가능한 HSI/HSO unit, A/D converter, serial port, PWM (Pulse Width Modulated) 출력 등의 다양한 기능을 가지고 있다. 본 장치를 구성하는데 사용한 8096의 주요 기능은 segment 출력을 위한 입출력 port 1, analog 신호를 변환하기 위한 A/D converter 및 PC와의 데이터 교환을 위한 serial port로 구성되어있다.

sensor는 주파수 발생부, sine파 변환기, sensor 및 실험치 변환기로 구분되며 얻고자 하는 sine파 주파

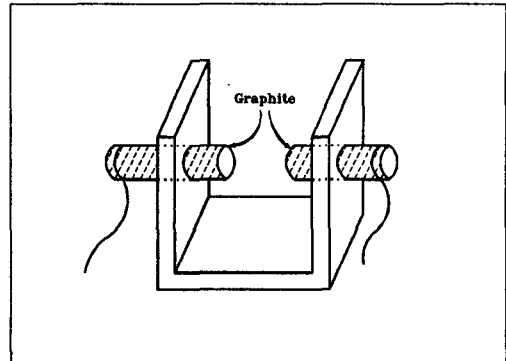


Fig. 2. Designed sensor (a) Anode Common Type (b) Cathode Common Type.

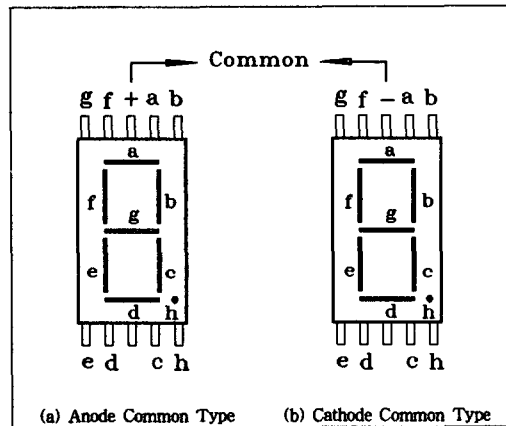


Fig. 3. Segment.

수 발생기에서 만들어진 삼각파는 sine파 변환기에서 sine파로 만들어지고, 이를 증폭하였다. sensor는 탄소봉을 두 전극으로 하여 콘덴서 역할을 하도록 하였으며, 두 전극의 간격을 변화시킬 수 있도록 고안하였다. 그 외형은 Fig. 2와 같다.

sensor를 거쳐 나오는 sine파의 진폭은 어체의 전기전도도에 따라 변하며, 그 크기는 실험치 변환기(RMS)에서 DC 0~5V로 변환되어 8096에 내장된 10 bit 분해능의 A/D변환기를 거쳐 디지털 데이터 값으로 받아들여지며, 이 데이터에 따른 값을 segment display부로 나타낸다. 출력 값은 0에서 1000까지 출력되도록 조정하였으며, 이 값은 어체의 전기전도도에 비례하여 값이 커지도록 하였다. 본 연구에서는 cathode common형 7 segment를 사용하였다 (Fig. 3). 한편, segment의 출력 데이터가 모두 숫자이므로 CMOS 칩인 MC14499를 이용하여 segment display

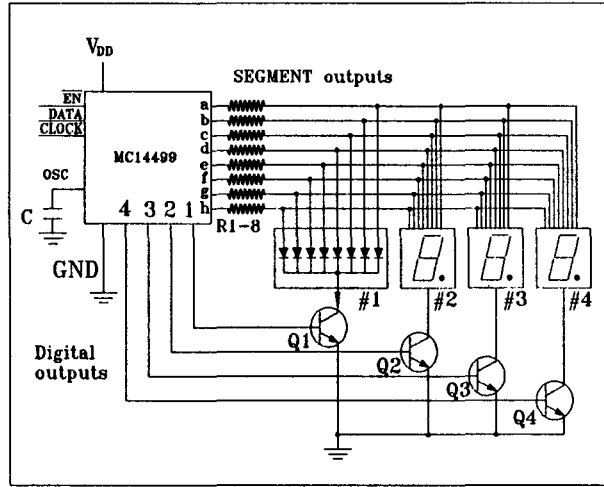


Fig. 4. Segment display circuit.

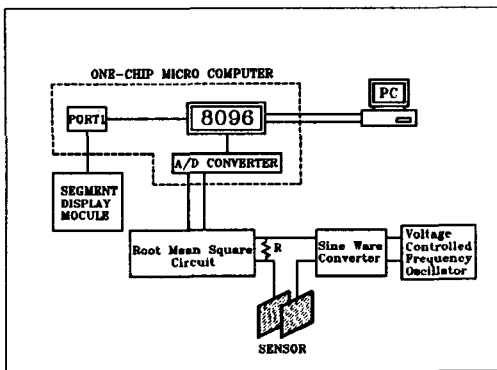


Fig. 5. Block diagram of freshness measurement apparatus.

driver module를 제작하여 사용하였다 (Fig. 4).

PC는 일반 상용 32bit 컴퓨터를 사용하였으며, 8096 one-chip microprocessor에서 RS-232C를 통해 입력받은 데이터를 (1)식에 의해 Q값으로 계산하고, 이를 그래픽, 저장하도록 하였다.

### 3) 실험방법

광어의 등육을 면적 3.63cm<sup>2</sup>, 두께 3cm로 절취하여 Fig. 5의 전극 사이에 고정시킨 후, 주파수 발생기에서 9.48KHz의 삼각파를 발생시켰다. 이 삼각파를 sine파형 변환기에서 sine파로 변환시켜 어육에 접촉되어 있는 graphite 전극을 통하여 어육을 통과하게 하였다. 어육의 반대편에 장착된 다른 전극을 통과한 sine파를 실효치 변환기에서 DC 전압으로 변환시켜

A-D converter를 통해 microprocessor에 입력하고, 이 값을 RS-232C를 통해 PC로 입력하여 (1)식에 의해 Q값을 계산함으로써 그 신선도에 대한 한 cycle을 이루도록 하였다.

### 4) 실험치의 통계처리

모든 실험치들은 student-t test하여 異常値들은 Thompson의 기각검정표를 거쳐 계산을 하였으며, 회귀직선상의 상관계수치는 Pearson의 적률상관치에서 구하였다.

## 결과 및 고찰

### 1) 경직도의 변화

어육도 축육과 마찬가지로 사후에 근육이 수축하여 단단하고 불투명하게 되는 현상이 일어나는데 이것을 사후 경직이라고 하며, 사후의 어육에서는 근세포로부터 Ca<sup>2+</sup>이 유리하여 ATP가 어느 정도 감소하면 경직이 시작되고, ATP의 소실과 더불어서 경직은 완료된다. 경직 개시 시간과 경직의 지속 시간은 어종 (Bito et al., 1983), 생리 조건(Tadashi et al., 1939), 운동의 정도(Mutsuyoshi, 1991), 사육 수온(Hiroki, 1991), 치사 조건 및 저장 온도(Muneaki, 1991; Muneaki, 1985) 등의 영향을 받는 것으로 알려져 있다.

사후 경직에 관여하는 저장 온도의 영향을 검토하

기 위하여 측정한 넙치육을 각기 다른 온도에 저장하는 동안 사후 경직도의 변화를 Fig. 6에 나타내었다. 경직 개시 시간과 완전 경직에 도달하는 시간은  $-3^{\circ}\text{C}$ 에서 저장한 경우가 가장 짧았으며  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $5^{\circ}\text{C}$ ,  $10^{\circ}\text{C}$ 의 순서로 길어짐을 확인하였다. 각저장 온도에서 경직 개시 시간과 완전 경직 도달 시간은 각각  $-3^{\circ}\text{C}$ 에서 4시간과 24시간,  $0^{\circ}\text{C}$ 에서 8시간과 30시간,  $5^{\circ}\text{C}$ 에서 10시간과 36시간, 그리고  $10^{\circ}\text{C}$ 에서 14시간과 52시간이었다. 경직 지속 시간은  $-3^{\circ}\text{C}$ 가 약 40시간으로 가장 길었고  $0^{\circ}\text{C}$ 와  $5^{\circ}\text{C}$ 는 유사한 반면,  $10^{\circ}\text{C}$ 에서는 경직도 65%에 도달한 후에 다른 저장 온도에서 보다 빨리 저하하는 경향을 보였다. 뿐만 아니라 각저장 온도별 최대 경직도도 저장 온도가 낮을 수록 큼을 알 수 있었다. 즉,  $-3^{\circ}\text{C}$ ,  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $5^{\circ}\text{C}$ ,  $10^{\circ}\text{C}$ 에서 각각 97.4%, 93.6%, 86.2%, 65.4%였다.  $5^{\circ}\text{C}$ 와  $10^{\circ}\text{C}$ 에서 저장한 것이  $0^{\circ}\text{C}$  및  $-3^{\circ}\text{C}$ 에서 저장한 것에 비해서 사후 경직 개시 시간과 완전 경직 도달 시간이 연장되었으며, 완전 경직에 도달한 후의 경직 지속 시간은 저온에서 저장한 것이 더 연장되었다. 이같은 결과는 Yamamoto and Noguchi (1964)의 복상어와 복어, Poulter et al. (1981)의 태래어, Muneaki et al. (1985)의 참돔, 그리고 Yamamoto et al. (1966)의 방어를 시료로 한 실험의 결과와 일치하였다.

### 2) K값의 변화

측정한 넙치육을  $-3^{\circ}\text{C}$ ,  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $5^{\circ}\text{C}$  및  $10^{\circ}\text{C}$ 에서 저장하면서 저장시간에 따라 측정된 K값의 변화를 Fig. 7에 나타내었다. 저장온도가 고온일 수록 K값의 증가 속도는 빨라졌으며, 특히  $-3^{\circ}\text{C}$ 에서 K값의 증가가 현저히 억제되고 있는 것은 부분동결에 따른 효과를 반영하고 있는 것으로 보인다.

### 3) 휘발성 염기질소 값의 변화

초기 휘발성염기질소값 (VBN)은 약 2mg% 였으며  $-3^{\circ}\text{C}$ ,  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $5^{\circ}\text{C}$ 에서는 완만하게 증가하는 경향을 보였으나,  $10^{\circ}\text{C}$ 와  $25^{\circ}\text{C}$  저장의 경우는 저장 초기부터 급격히 증가하여 각각 저장 189시간과 45시간에 초기 부패값인 30mg%를 상회하였다 (Fig. 8). 저장온도별로 초기부패값에 이르는 속도상수값은  $-3^{\circ}\text{C}$ ,  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $5^{\circ}\text{C}$ ,  $10^{\circ}\text{C}$ ,  $25^{\circ}\text{C}$ 에서 각각  $0.0183\text{h}^{-1}$ ,  $0.037\text{h}^{-1}$ ,  $0.052\text{h}^{-1}$ ,  $0.14\text{h}^{-1}$ ,  $0.57\text{h}^{-1}$  이었다.

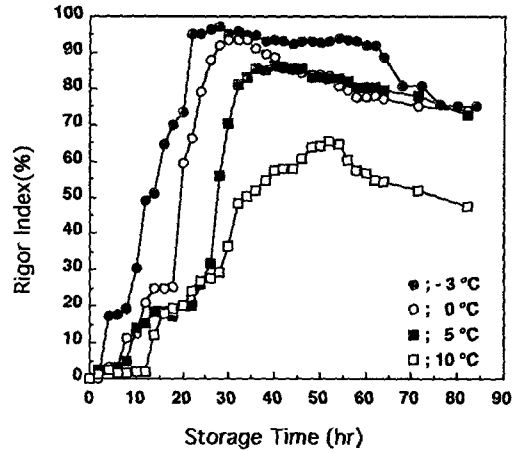


Fig. 6. Changes in rigor index of plaiice muscle during storage at various temperature.

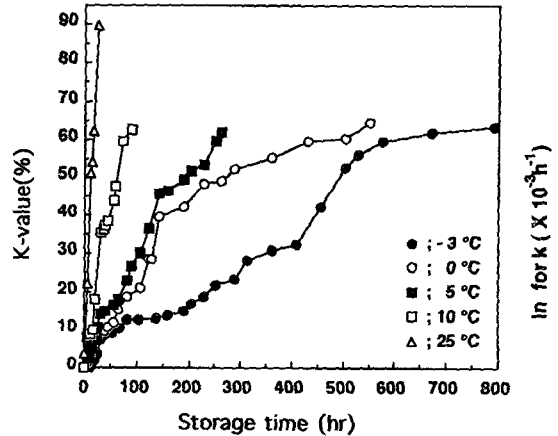


Fig. 7. Changes in K-value of plaiice muscle during storage at various temperature.

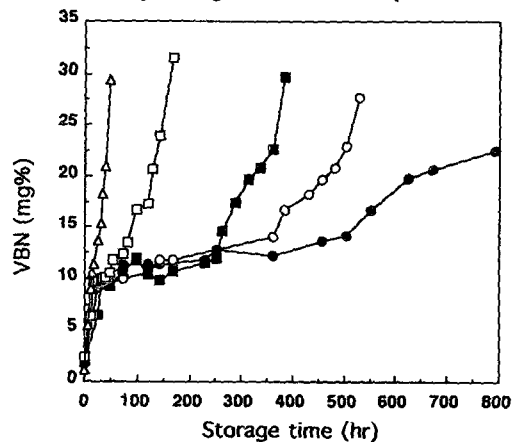


Fig. 8. Changes in VBN of plaiice muscle during storage at various temperature. Symbols are the same as Fig. 7.

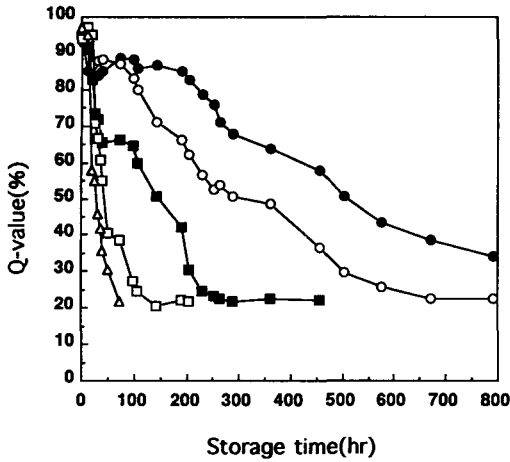


Fig. 9. Changes in Q-value of plaice muscle during storage at various temperature. Symbols are the same as Fig. 7.

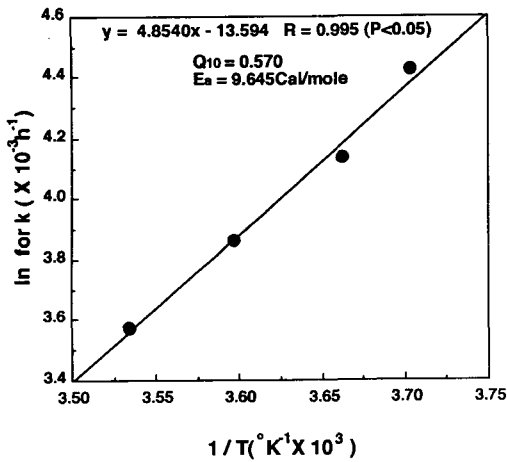


Fig. 10. Arrhenius plot of rigor index changes at various temperature.

대구과에 속하는 어종은 냉동중 TMAO가 사후환원 효소에 의하여 TMA와 DMA로 되며 그 생성속도가 빠르기 때문에 (Amano and Kinjiro, 1964; Tomioka and Ogushi, 1974) 이들 물질이 전기전도도의 상승인자로 작용할 것으로 추정된다.

4) Q값의 변화

제작한 선도판정 장치로 식 (1)에 따라 구한 Q값의 변화를 Fig. 9에 나타내었다. 초기 Q값은 약 93% 였으며, 저장시간의 경과와 더불어 -3°C와 0°C는 완만하게 그 값이 저하한 반면, 10°C와 25°C는 급격히 감소하여

각각 저장 150시간과 85시간에 약 20%까지 감소하였다. 저장온도에 따른 Q값의 감소속도는 -3°C에서 0.075h<sup>-1</sup>, 0°C에서 0.104h<sup>-1</sup>, 5°C에서 0.18h<sup>-1</sup>, 10°C에서 0.37h<sup>-1</sup> 그리고 25°C에서 1.16h<sup>-1</sup>로, 저장 온도가 상승함에 따라 감소속도는 빨랐다. 또한 저온에서 보다 고온에서 Q값의 감소가 급속함을 확인할 수 있었다. Tamura (1932)는 잉어육을 -20°C에서 4일간 저장후, 25°C에서 해동하여 전기저항을 측정한 결과, 어육의 동결로 인한 조직손상 때문에 해동 drip이 많으며, 혐기적 해당작용에 의해 생성된 젖산 lysozyme의 동결손상으로 인한 단백질분해효소의 활성화에 기인한 근원섬유단백질의 분해생성물 및 ATP관련물질등이 전기전도도에 영향을 미친다고 보고하였다. 이와같은 결과에 미루어 어육의 선도저하에 따라 생성된 각종 물질은 Q값의 저하속도와 밀접한 상관을 갖는 것으로 추정된다.

5) 각종 Parameter들의 온도 의존성

실험에 사용된 각 parameter (rigor index, VBN, K-value, Q-value)들의 속도 상수를 산출하기 위하여 rigor-index의 경우 완전 경직에 도달할 때까지의 사후 경직도를 K-value의 경우 초기부패에 이를때까지의 값을, VBN의 경우 30mg%이때 까지의 값을, Q-value의 경우 20%에 도달할때 까지의 값들과 각각의 저장 시간들을 산점도(散點圖)로 나타낸 후에, 종속 변수 Y축은 시간에 따른 각 parameter값을, 그리고 독립 변수 X축은 저장 시간으로 나타내어 회귀직선을 구하고, 그 회귀직선의 기울기로부터 단위 시간당 속도 상수를 구하였다. 또한, 절대온도에 대한 속도 상수값을 Arrhenius plot한 후, 기울기로부터 활성화 에너지값을 산출하였다. 한편, Q<sub>10</sub>값은 logQ<sub>10</sub>=(2.19Ea)/(T)(T+10)의 식으로 계산하였다.

Fig. 10은 각저장 온도에 따른 경직 진행의 온도의 의존성을 Arrhenius식으로 나타내었다. Q<sub>10</sub>은 0.570, Ea는 -9.645Cal/mole였으며, 경직의 진행은 저온일 수록 촉진됨을 확인하였다. 이 때 저장온도와 경직속도는 높은 상관성(0.995, P<0.05)을 보여주고 있었다. 한편 K-value의 Q<sub>10</sub>은 1.35, Ea는 -21.07Cal/mole이었으며(Fig. 11), VBN함량의 Q<sub>10</sub>은 1.37, Ea는 -19.27 Cal/mole이었으며(Fig. 12), Q-value의 Q<sub>10</sub>은 1.28, Ea는 -15.903Cal/mole로서(Fig. 13) parameters와 저장

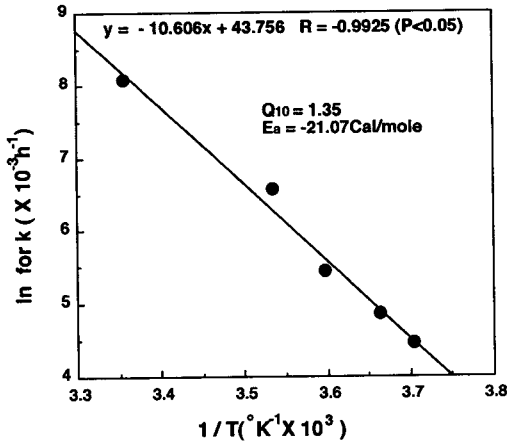


Fig. 11. Arrhenius plot of K-value changes at various temperature.

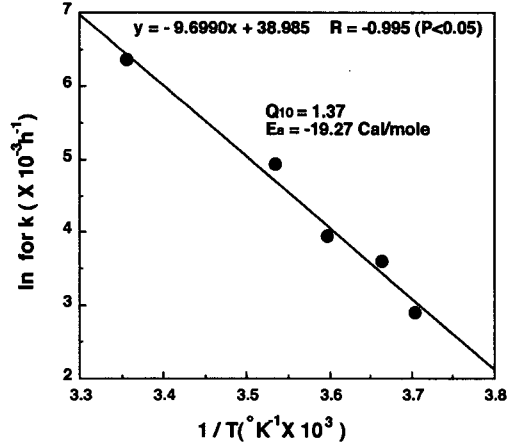


Fig. 12. Arrhenius plot of VBN changes at various temperature.

온도 간에는 밀접한 상관관을 나타내고 있었다. 사후경직도를 제외한 각각의 parameters는 저장 온도가 상승할수록 값이 감소하는 경향으로 나타났다. 이같은 결과에 미루어 Q-value는 K-value 및 VBN 함량과 깊은 상관관이 있는 것으로 추정된다.

6) K-value, VBN과 Q-value와의 상관성

저장온도에 따른 K-value, VBN과 Q-value와의 상관성을 비교해본 결과 K-value의 경우(Fig. 14) 각 온도대에 따른 상관계수값은 각각  $-0.978(P < 0.001)$ ,  $-0.962(P < 0.001)$ ,  $-0.975(P < 0.001)$ ,  $-0.944(P < 0.01)$ ,  $-0.966(P < 0.05)$ 로 높은 상관성을 나타내었다. 한편, VBN의 경우  $-3^{\circ}\text{C}$ ,  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $5^{\circ}\text{C}$ ,  $10^{\circ}\text{C}$ ,  $25^{\circ}\text{C}$  각각의 회귀직선식은 Fig. 15와 같으며, 이 때의 상관계수값은 각각  $-0.915(P < 0.001)$ ,  $-0.916(P < 0.001)$ ,  $+0.909(P < 0.001)$ ,  $-0.888(P < 0.001)$ ,  $-0.988(P < 0.001)$ 로 높은 상관성을 나타내고 있었다.

요 약

현재, 일반적으로 사용되고있는 어육의 선도 측정 방법은 소요시간이 많이 걸리는 단점이 있으므로, 신속한 어육의 선도 측정방법으로 마이크로컴퓨터를 이용하는 방법의 실용화에 대하여 검토하였다. 즉, 어체의 전기전도도에 따라서 변하는 값을 실효치변환기

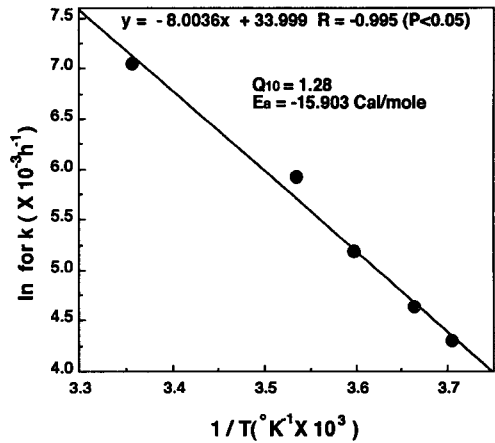


Fig. 13. Arrhenius plot of Q-value changes at various temperature.

(RMS)에서 DC 0~5V로 변환시켜 8096마이크로 프로세서에 내장된 10 비트 분해능의 A/D converter를 거쳐서 디지털 DATA값으로 받아들이도록 고안한 장치를 이용하여, 기존의 물리화학적 선도판정법과 비교실험하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 사후 경직의 개시 시간은  $-3^{\circ}\text{C}$ 에서 4시간,  $0^{\circ}\text{C}$ 에서 8시간,  $5^{\circ}\text{C}$ 에서 10시간, 그리고  $10^{\circ}\text{C}$ 에서 14시간으로 저장 온도가 높을 수록 연장되었으며, 또 저장 온도가 낮을 수록 경직도가 높았고 완전 경직의 유지시간도 길었다.
2. 신선도 지표인 K값이 헛감으로 이용 가능한 20

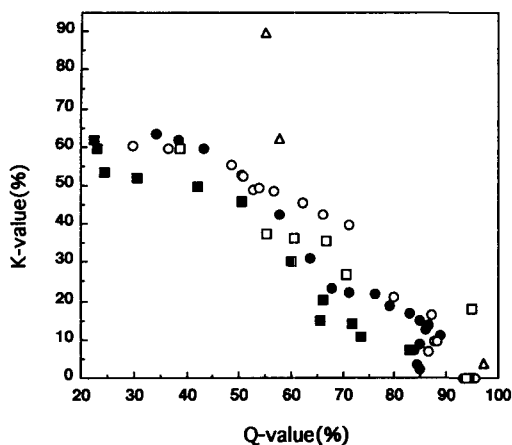


Fig. 14. The relationship between the slope of K-value and the slope of Q-value in plaice muscle during storage at various temperature.

- ;  $-3^{\circ}\text{C}$ ,  $y = -1.1024x + 103.93$   
 $R = -0.978 (P < 0.001)$
- ;  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $y = -0.9981x + 101.10$   
 $R = -0.962 (P < 0.001)$
- ;  $5^{\circ}\text{C}$ ,  $y = -0.8752x + 79.595$   
 $R = -0.975 (P < 0.001)$
- ;  $10^{\circ}\text{C}$ ,  $y = -0.8558x + 89.138$   
 $R = -0.944 (P < 0.01)$
- △;  $25^{\circ}\text{C}$ ,  $y = -1.7894x + 177.16$   
 $R = -0.966 (P < 0.05)$

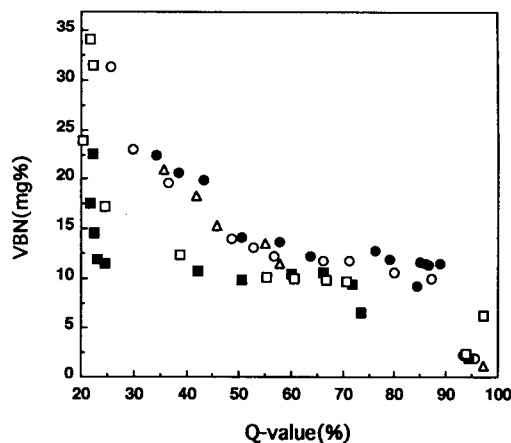


Fig. 15. The relationship between the slope of VBN and the slope of Q-value in plaice muscle during storage at various temperature.

- ;  $-3^{\circ}\text{C}$ ,  $y = -0.2341x + 29.434$   
 $R = -0.915 (P < 0.001)$
- ;  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $y = -0.2831x + 31.898$   
 $R = -0.916 (P < 0.001)$
- ;  $5^{\circ}\text{C}$ ,  $y = -0.1246x + 17.354$   
 $R = -0.909 (P < 0.001)$
- ;  $10^{\circ}\text{C}$ ,  $y = -0.3379x + 32.440$   
 $R = -0.888 (P < 0.001)$
- △;  $25^{\circ}\text{C}$ ,  $y = -3101x + 30.644$   
 $R = -0.988 (P < 0.001)$

%에 도달하는 시간은 저장 온도별로 25°C 4시간, 10°C 22시간, 5°C 71시간, 0°C 96시간, 그리고 -3°C 240시간으로, 저장 온도가 낮을 수록 신선도 저하가 억제되었다.

3. 어류의 초기부패로 알려져 있는 VBN함량 30mg%에 도달하는 데 걸리는 시간이 -3°C에서 792시간, 0°C에서 576시간, 5°C에서 384시간, 10°C에서 189시간, 25°C에서 45시간이었다. 초기부패값에 도달하는데 걸리는 속도상수는 각각 -3°C에서  $0.0183\text{h}^{-1}$ , 0°C에서  $0.037\text{h}^{-1}$ , 5°C에서  $0.052\text{h}^{-1}$ , 10°C에서  $0.14\text{h}^{-1}$ , 25°C에서  $0.57\text{h}^{-1}$ 이었으며, 0°C와 10°C에서  $Q_{10}$ -value는 1.37이며 Ea는  $48.3\text{Cal/mol}$ 이었다.

4. 본 연구에서 사용된 장치를 이용하여 선도를 측정 한 결과, 초기값은 93.3%였으며, 25°C의 경우 저장 40시간에 21.2%로, 10°C는 저장 144시간에 22.3%로 가장 낮은 값이었으며 그 이후 일정하게 유지되었다. 5°C, 0°C, -3°C는 저장기간이 길어짐에 따라서 완전히 Q값이 감소하여 각각 5°C에서 336시간, 0°C에서 504시

간만에 최저값을 나타내어 그 이후 일정하게 유지되었으며 -3°C의 경우는 서서히 저하하여 저장 792시간후에 34.27%였다. 각종 온도대에 Q값의 감소 속도 상수는 -3°C에서  $0.075\text{h}^{-1}$ , 0°C에서  $0.104\text{h}^{-1}$ , 5°C에서  $0.18\text{h}^{-1}$ , 10°C에서  $0.37\text{h}^{-1}$  그리고 25°C에서  $1.16\text{h}^{-1}$ 로, 저장 온도가 높을 수록 감소속도는 빨랐다. 0°C~10°C에서  $Q_{10}$ -value는 1.28, Ea는  $3.78\text{Cal/mole}$ 이었다.

5. 상기의 실험항목 (사후경직도, K값, VBN)과 선도 측정장치를 이용한 실험값과의 상관성을 살펴본 결과 사후경직도와 Q-value는 상관성을 찾을 수 없었다. 한편, K값과의 상관성은  $-0.978 (P < 0.001)$ ,  $-0.962 (P < 0.001)$ ,  $-0.975 (P < 0.001)$ ,  $-0.944 (P < 0.001)$ ,  $-0.966 (P < 0.001)$ 로 모두 높은 상관성이 인정되었다. 또, VBN과의 상관성도  $-0.915 (P < 0.001)$ ,  $-0.916 (P < 0.001)$ ,  $-0.909 (P < 0.001)$ ,  $-0.888 (P < 0.001)$ ,  $0.988 (P < 0.001)$ 으로 모두 부의 상관관계가 있었으며, 특히 25°C의 경우 높은 상관성이 인정되었다.

이상의 결과에서 신선도 측정장치는 VBN 및 K값과



높은 상관관계가 있었으며 이장치를 이용하여 각 어종별 data를 축적시킨다면 산업적으로 유용한 장치가 될 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌

- Amano, K. and Y. Kinjiro. 1964. Formaldehyde formation from trimethylamineoxide by the action by pyloric caeca of cod. Bull. Japan Soc. Sci. Fish. 30(8), 639~645.
- Asakawa S. 1957. A Consideration on the post-mortem change of electric resistance of fish muscle (Preliminary report). Bull. Japan Soc. Sci. Fish., 22(11), 718~720.
- Bito, M., K. Yamada, Y. Mikumo, and K. Amano. 1983. Studies on the rigor mortis of fish- I. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab. 109, p. 1~89.
- Fumiaki U. and H. Uchiyama. 1986. Low temperature storage and quality evaluation of fish. 2. Simple and rapid methods for measuring K value of fish by column chromatography and colorimetry. Fishery Science series 60. Tokyo, 24~35 (in Japanese).
- Greaser M. L. 1986. Conversion of muscle to meat I, Muscle as Food. P. J. Bechtel. Academic Press, New York, 37~102pp.
- Hiroki A. 1991. Rigor Mortis in Fish. 6. Rearing temperature. Fish. Sci. Ser. 86. Tokyo, 62~73 (in Japanese).
- Hennings. C. 1965. The technology of fish utilization. Fishing News (Books) Ltd., 154~170.
- Iwamoto, M., H. Yamanaka, 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.
- Muneaki I. 1991. Rigor mortis in fish. 7. Effects of death and storage temperature. Fish. Sci. Ser. 86. Tokyo, 74~82 (in Japanese).
- Mutsuyoshi T. 1991. Rigor mortis in fish. 5. Rearing under exercise. Fish. Sci. Ser. 86. Tokyo, 50~61 (in Japanese).
- Muneaki, I., I. Hisashi, S. Motoko and Y. Hideaki. 1985. Relation between rigor mortis of sea bream and storage temperatures. Bull. Japan Soc. Sci. Fish. 51(3), 443~446 (in Japanese).
- Pharmaceutical Society of Japan. 1990. Standard Methods of Analysis for Hygienic Chemists-with Commentary "Special Nitrogen Compound, volatile basic nitrogen". 284~285 (in Japanese).
- Poulter, R. G., C. A. Curran and J. G. Disney. 1981. 2. Chilled storage of tropical and temperate water fish-Differences and similarities 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.
- Tadashi, A., S. Kesasi and O. Tinkiti 1939. Effect of fatigue on post-mortem change in fish muscle. Bull. Japan Soc. Sci. Fish. 8, 23~28 (in Japanese).
- Tamura. K. 1932. Change of electric resistance of fish-body during Storage., Bull. Japan Soc. Sci. Fish., 1(4), 168~170.
- Tomioka, K. and J. Ogushi. 1974. Enzymic formation of dimethylamine from trimethylamineoxide. Bull. Japan Soc. Sci. Fish. 40(10), 1021~1026.
- Uchiyama, H., S. Ehira, H. Kobayashi and W. Shimizu. 1970. Significance in measuring volatile base and trimethylamine nitrogen and nucleotides in fish muscle as indices of freshness of fish. Bull. Japan Soc. Sci. Fish. 36, p. 177.
- Yamada, K. and E. Kitano. 1948. On the relation between the freshness of fish meat and change of electric resistance. Bull. Japan Soc. Sci. Fish. 13 (6), 232~236.
- Yamamoto, I., N. Kakamura and Y. Okumura. 1966. Rigor mortis of the yellowtail, *Seriola quinqueradiata*-II. Rep. Fukui Pref. Fish. Exp. Sta. No. 5, p. 1.
- 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 Reg. Fish. Res. Lab. No. 13, p. 119.
- 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. and Y. Y. Kim. 1941. Electric resistance of fish muscle., Bull. Japan Soc. Sci. Fish., 19(2), 83~85.
- Kim, Y. Y. and Y. J. Cho. 1992. Early changes after death of plaice, *Paralichthys olivaceus*. 1. Relationship between early changes after death and muscle temperature dependency. Bull. Korean Fish. Soc., 25(3), 189~196 (in Korean).
- 
- 1995년 1월 3일 접수  
1995년 4월 18일 수리