

# 煉製品類의 熱擴散度 推定에 關한 研究\*

## 1. 成分組成 및 텍스투어의 熱擴散度에 대한 영향

韓鳳浩·崔秀逸\*\*·金鍾鐵·裴泰進·趙顯德

釜山水產大學 食品工學科

# Prediction of Thermal Diffusivities of Fish Meat Paste Products

## 1. Influence of Chemical Composition and Texture of Products on the Thermal Diffusivities

Bong-Ho HAN, Soo-Il CHOI\*\*, Jong-Chul KIM, Tae-Jin BAE, and Hyun-Duk CHO

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

The purpose of this study was to develop a simple experimental equation for prediction of thermal diffusivities of fish meat paste products necessary for calculation of industrial thermal process time.

At first step, the influence of chemical composition, texture of the products and the come up time on the thermal diffusivity was investigated.

Heat penetration curves of model fish meat paste products stuffed in a model can were measured in different heating media. The thermal diffusivities were calculated from the heat penetration curves described by the solutions of Fourier's 2nd law and Newman's expression.

The results obtained could be summarized as follows ;

At constant temperature, the thermal diffusivities of products with water contents of 43.00 to 82.49% and lipid contents of 0.50 to 14.88% increased linearly with the increase of water content.

Come up time showed no influence on the thermal diffusivities of fish meat paste products.

Hardness of the products decreased with the increase of thermal diffusivity. The products prepared with white muscled fish meat paste revealed higher value of hardness compared with that prepared with red muscled fish meat paste. But the correlation between hardness and thermal diffusivity was not so high.

Elasticity of the products prepared with white muscled fish meat paste showed the tendency of slight increase with the increase of thermal diffusivity. But the correlation between elasticity and thermal diffusivity of the products from red muscled fish meat paste was negligible.

\* 本 研究는 1986年度 韓國科學財團 研究費 지원에 의해 이루어 졌음.

\*\*東明專門大學 食品加工科

(Department of Food Technology, Dong Myung Junior College, Pusan 608-080, Korea)

## 緒 論

食品의 加熱殺菌은 熱處理를 통하여 食品中の 微生物을 필요한 정도까지 사멸시킴과 아울러 酵素 및 毒成分등을 불활성화시킴으로써 食品에 安定性과 貯藏性을 부여하는 食品加工의 한 수단이다.

이러한 加熱殺菌工程의 확정은 근본적으로 熱浸透曲線(heat penetration curve), 問題微生物의 耐熱性과 필요로 하는 殺菌程度에 기초를 두고 있다. 그런데 非定常狀態(unsteady state)의 傳導傳熱(conductive heat transfer)에 의하는 固形食品의 熱處理에 있어서, 加熱時間과 食品内部의 溫度分布와의 關係를 나타내는 것은 熱浸透曲線이다. 이 熱浸透曲線은 Fourier 제2식의 解(Carslaw and Jaeger, 1959)를 이용하여 Newman의 方法(Newman, 1930)으로 표현할 수 있다. 그러므로 食品의 熱擴散도를 알면 실제 測定에 의하지 않고서도 對象食品의 熱浸透曲線을 추정할 수가 있으며, 이를 위하여서는 食品의 熱擴散도를 손쉽게 추정할 수 있어야 한다.

熱擴散도는 熱傳導度, 比熱容量 및 密度로부터 구할 수 있다. 熱傳導度の 測定方法에 관하여서는 Kostaropoulos (1971), Mohsenin (1980) 등이 종합적으로 정리하였다. 食品의 熱傳導도는 근본적으로 食品을 구성하는 순수한 構成成分들의 熱傳導度の 합수이다. Kostaropoulos et al. (1975), Yano et al. (1981)에 따르면, 構成成分들의 熱傳導도로부터 有效熱傳導도를 計算하는 데는 현재까지 거의 20여종의 추정식이 제시되었으며, 比熱容量의 경우에도 몇몇 추정식이 보고되어 있다 (Siebel, 1982; Dickerson, 1969; Charm, 1978; Heldman and Singh, 1980). 그런데 食品의 순수 構成成分들의 熱傳導도나 比熱容量등을 구하기란 쉬운 일이 아니다. 그리고 그 값을 구하였다 하더라도 현재까지 전혀 연구의 對象이 된 바 없는 食品의 경우에는 어떤 추정식을 적용시켜 熱擴散도를 구하여야 할 것인지를 결정하기란 어려운 실정이다.

그러므로 실제 産業體에서 손쉽게 熱擴散도를 추정하고, 이를 이용하여 熱浸透曲線을 수학적으로 추정할 수 있게 하기 위하여서는 對象食品의 成分變化나 成分間의 立體構造등에 關係없이 食品의 熱擴散도를 간단히 추정할 수 있도록 하나의 식으로 나타내어주는 것이 바람직하다. 이를 위하여 Riedel (1969), Gaffney et al. (1980), Martens (1980), Singh (1982) 등이 여러가지 食品을 對象으로 하여 熱擴散도의 추정식을 제시한 바 있으나, 주로 과일류 및 지방 함량이 극히 낮은 魚肉등을 對象으로 하고 있어서 魚肉煉製品의 경우에는 적용 가능성에 대한

충분한 검토가 선행되어야 한다. 따라서 本實驗에서는 실제 魚肉煉製品과 유사한 模型煉製品을 만들고 이를 對象으로 하여 이에 적용 가능한 熱擴散度 추정식을 제시하고자 하였으며, 우선 模型煉製品의 成分組成 및 텍스처와 熱擴散도와 의 關係를 검토하였다.

## 材料 및 方法

### 1. 試料

煉製品類의 加工에 원료로 사용되는 명태, *Theragra chalcogramma*, 말쥐치, *Navodon modestus*, 조기, *Pseudosciaena manchurica* 및 정어리, *Sardinops melanosticta*의 고기품을 주원료로 하고, 부원료로는 전분, 분리 대두 단백질(isolated soybean protein, ISP), 그리고 돼지 기름 또는 대두유, 축합 인산염과 식염을 사용하였다. 각 고기품들은 대립수산(주), 대영식품(주), 한국냉장(주) 및 한성기업(주)로부터 凍結品으로 구입, 비닐 주머니에 밀봉 包藏하여  $-30^{\circ}\text{C}$ 의 凍結庫에 貯藏하여 두고 實驗에 사용하였다. 凍結 고기품은 잘게 썰어 잘 다진 다음 成分組成을 무작위하게 調節하기 위하여 전분, 분리 대두 단백질 및 돼지 기름 또는 대두유를 서로 다른 비율로 첨가하고 축합 인산염과 식염의 농도가 0.3% 및 3%가 되도록 배합한 후 chopper로 충분히 고기갈이를 하였다. 이를 일정 時間 방치하여  $10^{\circ}\text{C}$  이상의 균일한 溫度가 되게한 후 熱傳達實驗에 사용하였다.

### 2. 實驗裝置

熱傳達實驗裝置로는 Fig. 1에서와 같이 恒溫槽 및 高壓殺菌을 사용하였다. 恒溫槽의 加熱媒體로는 물을 사용하였으며, 循環式溫度調節機(circulating thermoregulator, B. Braun Melsungen AG)를 사용하여 恒溫槽內의 溫度를 균일하게 유지시켰다. 試料 充填用模型容器는 두께  $0.07 \cdot 10^{-2}\text{m}$ 의 스테인레스강으로 제작하였으며, 有限 원기동형 1종류(Fig. 2)와 無限 원기동형 2종류(Fig. 3, Fig. 4)를 사용하였다. 無限 원기동형의 경우 上下로부터의 熱傳達을 막기 위하여 두께  $0.8 \cdot 10^{-2}\text{m}$ 의 테플론판(teflon plate)으로 容器의 上下를 斷熱시켰다. 試料의 内部 溫度變化和 高壓殺菌을 및 恒溫槽의 加熱溫度는 열전대(NiCr-Ni)와 Digital Microvoltmeter(model 177 DMM, Keithley Instruments Co.)를 이용하여 測定하였다. 열전대는 三重被服된 直徑  $0.02 \cdot 10^{-2}\text{m}$ 의 것을 直徑  $0.18 \cdot 10^{-2}\text{m}$ 의 주사 바늘에 넣어 바늘의 끝부분을 납땀, 밀봉하였고, Digital Thermometer(YEW 2804, Yokogawa Electric Co.)로 필요할 때마다 檢定하였으며, 相關係數 0.9999 이상의 것을

사용하였다.

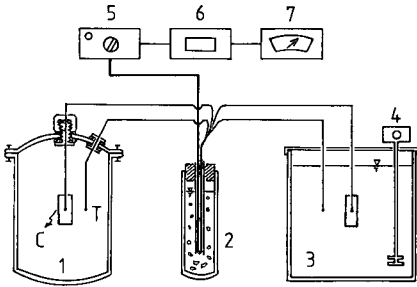


Fig. 1. Schematic illustration of apparatus for heat transfer experiment.

C ; model can, T ; thermocouple, 1 ; auto-clave, 2 ; Dewar-bottle with melting ice, 3 ; constant temperature bath, 4 ; circulating thermoregulator, 5 ; selector switch, 6 ; digital microvoltmeter, 7 ; voltage regulator.

3. 實驗方法

1) 一般成分의 分析

수분은 常壓加熱乾燥法, 조단백질은 semimicrokjeldahl法, 조지방은 Soxhlet法, 조회분은 乾式灰化法으로 각각의 함량을 測定하였다. 그리고 全體量에서 이들 成分들의 總量을 제외한 값을 탄수화물의 함량으로 하였다.

2) 熱傳達實驗

成分組成을 무작위하게 調節한 試料를 試料充填過程에서의 誤差를 무시할 수 있도록 容器에 잘 充填한 다음, 열전대를 容器의 幾何學의 中心, 즉 冷點(cold point)에 고정시키고 밀봉하였다.

試料充填, 열전대 고정 및 밀봉이 완료된 容器는 일정 溫度로 유지되는 恒溫槽 또는 高壓殺菌술에 넣어 加熱時間에 따른 冷點에서의 溫度變化를 測定하였다. 冷點에서의 溫度測定은 加熱媒體의 溫度와 試料 고기품의 冷點에서의 溫度와의 차이가 1℃ 미만인 時까지 2분 간격으로 계속하였다.

3) 熱擴散度의 計算

非定常狀態의 傳導傳熱에 의한 食品의 加熱過程에서 熱浸透現象은 다음과 같은 Fourier 제2式으로 나타낼 수 있다.

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = a \cdot \frac{\partial^2 \theta}{\partial l^2} \dots\dots\dots (1)$$

이때 表面熱傳達抵抗(surface resistance to heat

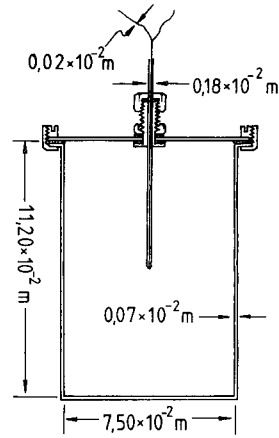


Fig. 2. Lateral view of model can No. 1.

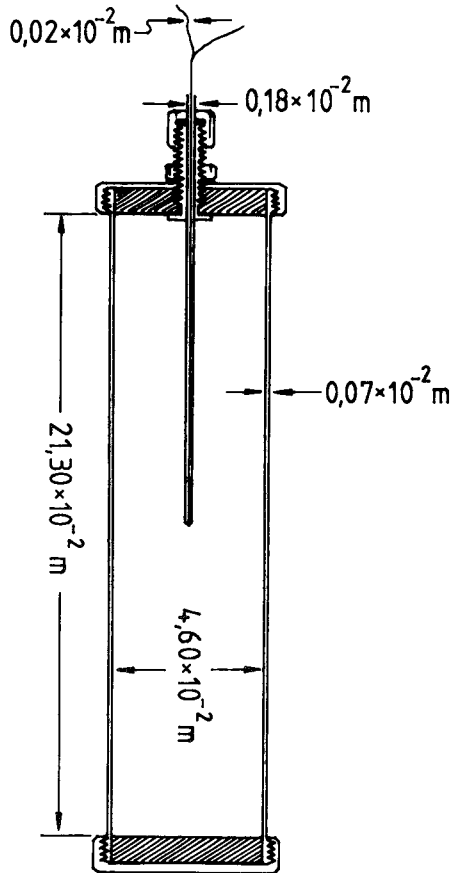


Fig. 3. Lateral view of model can No. 2.

transfer)을 무시할 수 있고 食品의 初期溫度分布가 均일할 경우 식(1)의 解는 다음과 같이 나타낼 수 있다(Carslaw and Jaeger, 1959).

無限平版의 경우 :

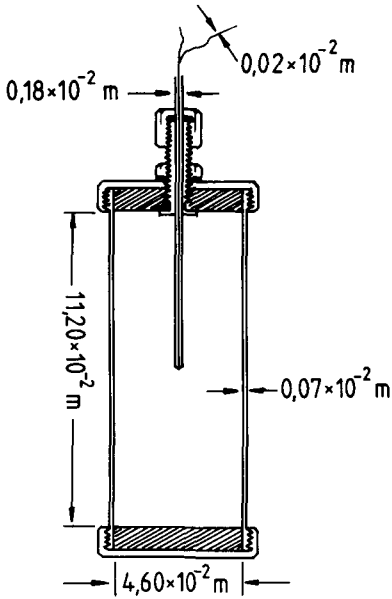


Fig. 4. Lateral view of model can No. 3.

球의 경우 :

$$\left( \frac{\vartheta_R - \vartheta}{\vartheta_R - \vartheta_0} \right)_{sph} = 2 \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{\sin(n\pi \cdot R/R_{max})}{n\pi \cdot R/R_{max}} \cdot \exp \left[ -(n\pi)^2 \cdot Fo_{sph} \right] \dots\dots\dots (6)$$

$$Fo_{sph} = \frac{a \cdot t}{R_{max}^2} \dots\dots\dots (7)$$

여기서,

$a$  : thermal diffusivity( $m^2 \cdot s^{-1}$ )

$B_n$  :  $n$ -th root of the equation  $J_0(B_n)=0(-)$

$Fo_{cyl}$  : Fourier number for infinite cylinder(-)

$Fo_{pl}$  : Fourier number for infinite plate(-)

$Fo_{sph}$  : Fourier number for sphere(-)

$J_0$  : Bessel function of 1st kind of order zero(-)

$J_1$  : Bessel function of 1st kind of order one(-)

$\ell$  : half thickness or radius( $m$ )

$R$  : radial distance from midpoint( $m$ )

$R_{max}$  : maximal radius( $m$ )

$t$  : time( $s$ , if specified  $min$ )

$x$  : distance from midpoint( $m$ )

$\Delta x$  : half thickness( $m$ )

$\vartheta$  : temperature( $^{\circ}C$ )

$\vartheta_0$  : initial temperature( $^{\circ}C$ )

$\vartheta_R$  : heating temperature( $^{\circ}C$ ).

本 實驗에서 사용한 有限 원기둥형 容器 (can No. 1)의 경우 고기풀의 時間에 따른 溫度分布는 Newman의 方法 (Newman, 1930)에 따라 다음과 같이 식 (2)와 식(4)의 곱으로 나타낼 수 있다.

$$\left( \frac{\vartheta_R - \vartheta}{\vartheta_R - \vartheta_0} \right)_{p1} = \frac{4}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{(2n-1)} \cdot \cos \left( \frac{2n-1}{2} \cdot \pi \cdot \frac{x}{\Delta x} \right) \cdot \exp \left( - \left( \frac{2n-1}{2} \right)^2 \cdot \pi^2 \cdot Fo_{p1} \right) \cdot (2)$$

$$Fo_{p1} = \frac{a \cdot t}{\Delta x^2} \dots\dots\dots (3)$$

無限 원기둥의 경우 :

$$\left( \frac{\vartheta_R - \vartheta}{\vartheta_R - \vartheta_0} \right)_{cyl} = 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{J_0(B_n \cdot R/R_{max})}{B_n \cdot J_1(B_n)} \cdot \exp(-B_n^2 \cdot Fo_{cyl}) \dots\dots\dots (4)$$

$$Fo_{cyl} = \frac{a \cdot t}{R_{max}^2} \dots\dots\dots (5)$$

$$\left( \frac{\vartheta_R - \vartheta}{\vartheta_0 - \vartheta_0} \right) = \left( \frac{\vartheta_R - \vartheta}{\vartheta_R - \vartheta_0} \right)_{pl} \left( \frac{\vartheta_R - \vartheta}{\vartheta_R - \vartheta_0} \right)_{cyl} \dots\dots\dots (8)$$

그리고 실제로 溫度를 測定한 冷點에서는 식(2)에서  $x=0$ , 식(4)에서  $R=0$ 이므로 식(8)은 다음과 같이 나타내어 진다.

$$\left( \frac{\vartheta_R - \vartheta}{\vartheta_R - \vartheta_0} \right) = \left\{ \frac{4}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{2n-1} \right\}$$

$$\cdot \exp\left[-\left(\frac{2n-1}{2}\right)^2 \cdot \pi^2 \cdot Fo_{p1}\right] \cdot \left\{ 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{B_n \cdot J_1(B_n)} \cdot \exp(-B_n^2 \cdot Fo_{cy1}) \right\} \dots\dots\dots (9)$$

또한 無限 원기둥형 容器 (can No. 2, can No. 3)의 경우에도 冷點에서는  $R=0$ 이므로 식(4)는 다음과 같이 된다.

$$\left(\frac{\theta_R - \theta}{\theta_R - \theta_0}\right)_{cy1} = 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{B_n \cdot J_1(B_n)} \cdot \exp(-B_n^2 \cdot Fo_{cy1}) \dots\dots\dots (10)$$

따라서 本 實驗에서는 加熱時間에 따른 冷點에서의 溫度를 測定하고, 測定된 時間과 溫度를 식(9)와 식(10)에 대입하여 試料의 熱擴散도를 구하였다.

熱擴散도는 Fig. 5에서와 같이 加熱媒體의 溫度와 冷點의 溫度差가  $(\theta_R - \theta) \leq 10^\circ\text{C}$ 일 때 Ramaswamy et al. (1982)의 方法에 따라  $Fo \geq 0.2$ 범위에서 2분 간격으로 구하였고, 이들을 산술 평균하여 최종 熱擴散도로 하였다.

4) 텍스투어의 測定

白色肉魚肉(명태, 조기) 및 赤色肉魚肉(정어리)의 熱傳達實驗用 고기풀을 容器 (can No. 3)에 充塡하고  $80.39 \pm 0.50^\circ\text{C}$ 의 恒溫槽에서 30~80분의 범위에서 10분 간격으로 加熱한 후, 試料内部의 溫度分布가 均일하게 될 때까지 흐르는 물에서 충분히 냉각하여 텍스투어 測定用試料로 사용하였다.

텍스투어는 정육면체형 ( $2\text{cm} \times 2\text{cm} \times 2\text{cm}$ )으로 절단한 試料煉製品에 대하여 Universal testing machine (Instron model 1000)을 사용하여 測定하였다.

이때 變形率은 Boussinesq (1975)가 제시한 아래와 같은 Young率로 검토하였다.

$$E = \frac{F}{d} \cdot \frac{1 - \gamma^2}{2R} \dots\dots\dots (11)$$

여기서,

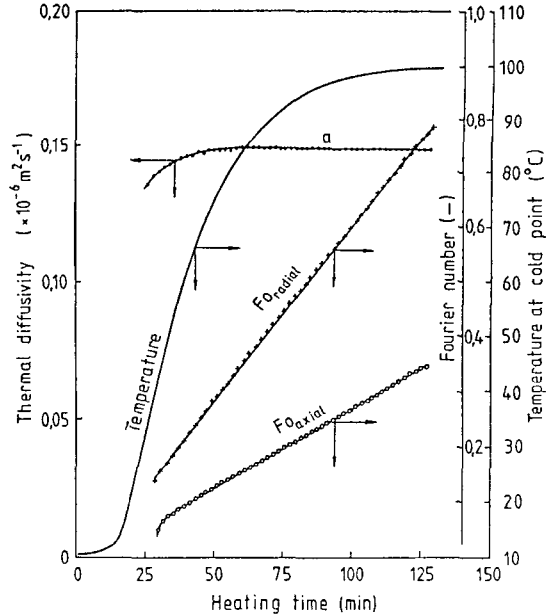


Fig. 5. Changes of temperature, Fourier number and thermal diffusivity of fish meat paste with 72% of water in No. 1 can during heating at  $100.63^\circ\text{C}$ .

- d : deformation distance(m)
- E : Young modulus(Pa)
- F : force(N)
- R : radius(m)
- $\gamma$  : Poisson's ratio(-).

식(11)에서의 d와 F는 Fig. 6에서의 거리 AB와 힘  $H_2$ 를, 2R은 試料煉製品의 水力學的直徑 (hydraulic diameter)을 대입하였다. 또한  $\gamma$ 는 Montejano et al. (1983)이 魚肉겔 (gel)에 대하여 제시한 값인 0.48로 하였다.

그리고 剪斷率 (shear rate)은  $10 \sim 115\text{mm/min}$ 의 범위에서 Young率로 검토하였다. 變形率과 剪斷率을 確定한 實驗條件은 Table 1에 나타난 바와 같았으며, 이러한 條件으로 얻어진 force-distance 曲線으로부터 Borne (1968, 1977)과 Mohsenin (1970)의 方法에 따라 Fig. 6에서와 같이 TPA (texture profile analysis) parameter를 구하였다. Force-distance 曲線에서의 面積은 面積計 (planimeter, Koizumi Co., type KP-26)로 5회 반복 測定하여 計算하였다.

結果 및 考察

1. 試料의 一般成分組成

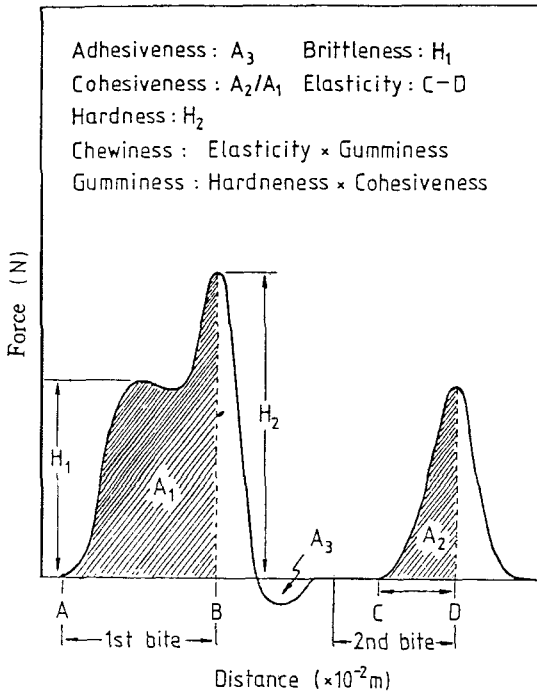


Fig. 6. Texture profile of cube of fish meat paste product obtained in the Instron.

Table 1. Conditions employed for texture profiles of fish meat paste products using the Instron texturometer

Testing instrument	Instron model 1000
Sample size	2×2×2cm <sup>3</sup>
% deformation	60
Cross head speed	50mm/min
Chart speed	50mm/min
Number of bite	2
Area compensation	400
Weight of load cell	5kg

명태, 말취치, 조기 및 정어리 고기풀에 부원료를 혼합하여 성분組成을 무작위하게 調節한 전체 試料의 각 成分의 含量은 Table 2에서와 같이 수분 43.00~82.49%, 지방 0.50~14.88%, 탄수화물 1.00~29.29%, 단백질 9.17~36.08%, 그리고 회분 0.18~2.52%의 범위였다.

2. 容器의 加熱時間

食品包藏容器는 材質의 傳熱特性, 두께등에 따라 內容物의 加熱時間에 影響을 끼치게 된다. 本實驗에 使用된 魚肉煉製品의 容器는 0.07 · 10<sup>-2</sup>m 두께의

스테인레스강으로 제작하였으며 (Fig. 2~Fig. 4), 100℃의 물이나 포화 수증기 속에서 初期溫度가 20℃인 容器 內벽의 溫度와 加熱媒體의 溫度와의 差이 0.1℃에 이르는 時間을 식(2)로부터 구하여보면 0.35초에 불과하였다.

Table 2. Chemical composition ranges of fish meat paste products prepared with additives

	(Unit : %)
Water	43.00-82.49
Crude fat	0.50-14.88
Crude protein	9.17-36.08
Carbohydrate	1.00-29.29
Ash	0.18-2.52

한편 Dickerson and Read (1968)는 本實驗에서 使用된 容器 두께의 2배 이상인 두께 1/16in (0.16 · 10<sup>-2</sup>m)의 스테인레스강으로 제작한 容器의 경우 表面과 內面의 溫度 差이 인정되지 않았다고 하였다. 따라서 本實驗에서 容器의 加熱時間(t<0.35s)이 試料의 加熱時間(t≥120min)에 끼치는 影響을 무시할 수 있었다.

3. 熱浸透曲線

熱浸透曲線의 한 예로서 初期溫度 10.66℃, 수분 含量 71.97%인 고기풀을 물을 加熱媒體로 하여 100.63℃의 恒溫槽에서 熱處理하였을 때, 時間에 따른 加熱媒體의 溫度와 冷點의 溫度와의 差이 (θ<sub>R</sub>-θ)의 變化를 Fig. 7에 나타내었다.

一般的으로 固形食品의 加熱處理時間은 다음과 같이 Ball의 方法으로 구할 수 있다.

$$B = f_h \cdot \log \frac{j_{ch} \cdot I_h}{g} \dots\dots\dots (12)$$

여기서,

B : thermal treatment time(min)

f<sub>h</sub> : time required for straight-line portion of semi-log heating curve to traverse one log cycle (min)

g : difference between retort temperature and maximum temperature reached by food at geometrical center(℃)

I<sub>h</sub> : initial temperature difference between retort and food at geometrical center(℃)

j<sub>ch</sub> : lag factor of the heating curve(-).

식(12)의 j<sub>ch</sub>는 遲延因子로서 다음과 같이 정의된

다.

$$j_{ch} = \frac{\theta_{R} - \theta_{pit}}{\theta_{R} - \theta_0} \dots\dots\dots (13)$$

여기서,

$\theta_0$  : initial temperature(°C)

$\theta_{pit}$  : pseudo initial temperature(°C)

$\theta_R$  : heating temperature(°C).

Ball and Olson (1957)은  $j_{ch}$ 값은 溫度測定位置, 試料의 形態 및 初期溫度의 함수로서, 試料形態가 球이거나 有限 원기둥의 경우는 대개 2.0부근, 無限 원기둥은 약 1.6, 그리고 無限平版은 약 1.27이라 하였다. 또한 Heiss and Eichner (1983)는 一般적으로 원기둥형 容器의 경우  $j_{ch}$ 값은 대개 약 2.0이며,  $j_{ch}$ 값이 1.2~1.8의 범위에 있으면 內容物의 溫度 상승은 傳導傳熱에 의하여 이루어진다고 하였다. 그리고 Han and Loncin (1985)도 有限 원기둥형 模型魚肉煉製品의 熱傳達實驗의 結果, 加熱溫度 120°C, 水分含量 50.00~76.25%의 범위에서  $j_{ch}$ 값은 약 2.0부근이며, 熱浸透曲線은 전형적인 傳導傳熱의 양상을 나타내고, 水分含量이 76.25% 이상이면 熱傳達은 對流와 傳導에 의하여 이루어진다고 하였다.

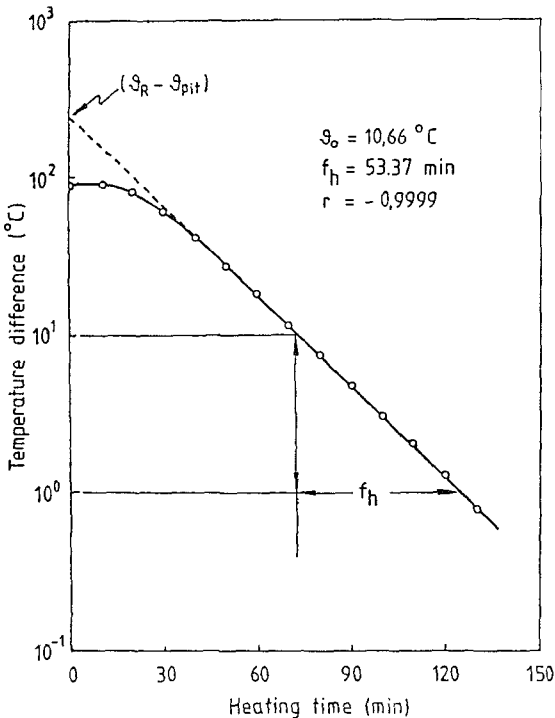


Fig. 7. Semilog plot of heat penetration data from fish meat paste with 72% of water in No. 1 can during heating at 100.63°C.

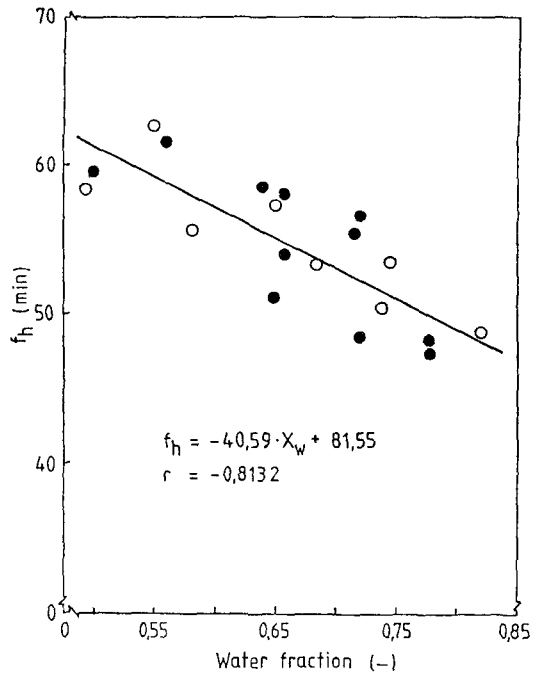


Fig. 8. Influence of water content on heating time at 100.63±0.80°C in water. -●- : Filefish, -○- : Alaska pollack.

本實驗에서의  $j_{ch}$ 값은 水分含量, 加熱溫度 및 容器의 종류에 關係없이 1.3~2.5의 범위를 나타내었으며, Fig. 7에서와 같은 熱浸透曲線으로부터 試料煉製品의 溫度 상승이 非定常狀態의 傳導傳熱에 의한 確信할 수 있었고,  $f_h$ 값이 작을수록 容器內의 內容物의 溫度 상승이 급격함을 알 수 있었다.

#### 4. 成分組成에 따른 熱擴散度의 變化

명태와 말쥐치 고기풀을 試料로 하여 100.63±0.80°C의 恒溫水槽에서 加熱하였을 때의 고기풀의 水分含量에 대한  $f_h$ 값을 Fig. 8에 나타내었다. 고기풀의 水分含量이 증가할수록  $f_h$ 값이 작아졌으며, 이는 水分含量이 많을수록 冷點에서의 溫度 상승이 빠름을 의미하였다.

Kong et al. (1980)은 몇 종류의 단백질 겔의 熱擴散도가 水分含量과 加熱溫度뿐만 아니라 지방含量과 단백질의 종류에 따라서도 달라진다고 하였다. Griffith (1985)는 水分含量 50~60%의 구운 옥수수떡 (Mexican Tortillas Dough)의 熱擴散도가 55°C에서는 水分含量에 따라 증가하나, 65~75°C의 범위에서는 水分含量과 相關性이 없다고 하였다. 한편 Rizvi et al. (1980)은 대두 단백질, egg albumen, 소맥 글루텐 (gluten) 및 수종의 단백질로 조제한 畜肉과 유사한 模型製品의 熱擴散도가 71.1~93.3°C의 영역

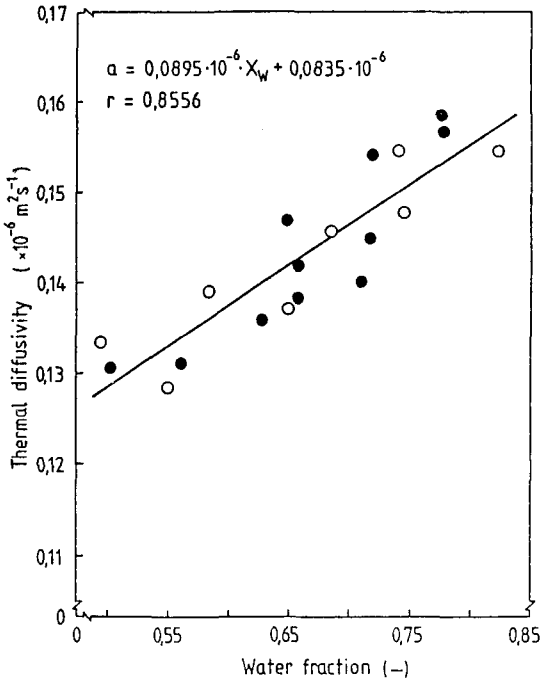


Fig. 9. Thermal diffusivity versus water content at  $100.63 \pm 0.80^\circ\text{C}$  in water. ●- : Filefish, ○- : Alaska pollack.

에서는 수분 함량에 따라 증가하나, 그 이상의 온도에서는 수분 함량에 대한 相関性이 인정되지 않는다고 하였다.

그러나 Martens (1980)는 246종의 食品의 熱擴散度에 대하여 검토한 結果, 수분 함량과 加熱溫度가 熱擴散度에 가장 큰 영향을 미치며, 지방, 단백질 및 탄수화물은 거의 영향을 미치지 않는다고 하였다. 또한 Han and Loncin (1985)도 模型魚肉煉製品의 熱擴散度가 加熱溫度  $100 \sim 120^\circ\text{C}$ , 지방 함량 1~10%의 범위에서 수분 함량과 溫度에 따라 증가한다고 하였다. [本實驗의 結果도 Fig. 9에서와 같이 加熱溫度  $100.63 \pm 0.80^\circ\text{C}$ 에서 魚肉煉製品의 成分組成에 關係없이 수분 함량의 증가에 따라 熱擴散度가 증가하는 경향을 나타내었고, 그 關係는 수분 함량을 기준으로 다음과 같이 식(14)로 나타낼 수 있었다.

$$a_{100.63^\circ\text{C}}(W) = 0.0895 \cdot 10^{-6} \cdot X_w + 0.0835 \cdot 10^{-6} \quad (14)$$

$$r = 0.8556$$

여기서

$X_w$  : mass fraction of water in fish meat paste(-).

### 5. 遲延時間 (come-up time, CUT)의 熱擴散度에 대한 영향

遲延時間이란 加熱工程에서 加熱이 시작된 후 레토르트 (retort) 溫度가 일정한 加熱溫度까지 올라가

는데 필요한 時間을 의미한다. 대부분의 加熱工程, 특히 殺菌工程에서는 遲延時間 동안에도 加熱致死溫度 범위가 存在하기 때문에 그 효과를 무시할 수가 없다. 따라서 遲延時間中の 일부는 加熱工程時間에 포함시켜야 한다.

Ball (1923)은 옥수수와 전분 용액을 恒溫水槽에서 加熱할 때 遲延時間의 42%를 加熱時間에 포함시키는 것이 타당하다고 하였으며, 이후로 이 補正係數는 加熱工程의 設計나 評價에 전통적으로 사용되어 왔다. 그러나 Hayakawa and Ball (1971), Uno and Hayakawa (1980) 및 Succar and Hayakawa (1982) 등은 遲延時間에 대한 補正係數는 레토르트 溫度가 상승하는 形態에 따라 달라질 수 있다고 하였다. 즉 레토르트 溫度가 직선적으로 증가하는 回分式靜置形 레토르트의 경우에는 補正係數 42%가 타당하나, 回分式攪拌形 레토르트에서는 補正係數가 80% 정도이어야 하며, 레토르트의 初期溫度도 補正係數에 영향을 미치기 때문에 Ball (1923)의 제안대로 補正係數를 42%로 고정하는 것은 옳지 않다고 하였다. 이러한 사실은 Berry (1983)에 의해서도 확인되었다. 그런데 本實驗에서 사용된 高壓殺菌술은 回分式靜置形 레토르트에 속하므로 補正係數를 Stumbo (1965)의 방법에 따라 40%로 하고 熱擴散度를 計算하였다.

高壓殺菌술의 遲延時間을 2~12분의 범위내에서 調節한  $100.63 \pm 0.80^\circ\text{C}$ 에서의 명태 고기풀과 말쥐치 고기풀의 熱擴散度는 Fig. 10에 나타내었으며, 熱擴散度는 수분 함량을 기준으로 식(15)와 같이 나타낼 수 있었다.

$$a_{100.63^\circ\text{C}}(S) = 0.0849 \cdot 10^{-6} \cdot X_w + 0.0878 \cdot 10^{-6} \quad \dots\dots (15)$$

$$r = 0.9046$$

이 結果는 동일 溫度에서 遲延時間이 없을 때인 Fig. 9 및 식(14)와 비교하여 거의 차이가 없음을 알 수 있었다. 따라서 遲延時間의 存在有無는 熱擴散度에 영향을 끼치지 않음을 확인할 수 있었다.

### 6. 텍스투어와 熱擴散度와의 關係

一般的으로 魚肉煉製品은 白色肉魚肉을 원료로 한 것이 赤色肉魚肉의 그것보다 텍스투어가 좋다고 하며 이는 成分組成이 동일하더라도 원료로서는 白色肉魚肉이 유리하다는 것을 의미한다. 그리고 魚肉煉製品은 첨가되는 부원료의 종류와 量, 物理的處理方法, 熱處理方法 등에 의해서도 텍스투어에 차이가 생기며, 이에 관하여서는 金과 李 (1972), 李 등 (1983), 趙 등 (1983)이 연구, 보고 한 바 있다. 그러나 원료에 따른 熱擴散度和 텍스투어의 關係에 대하여



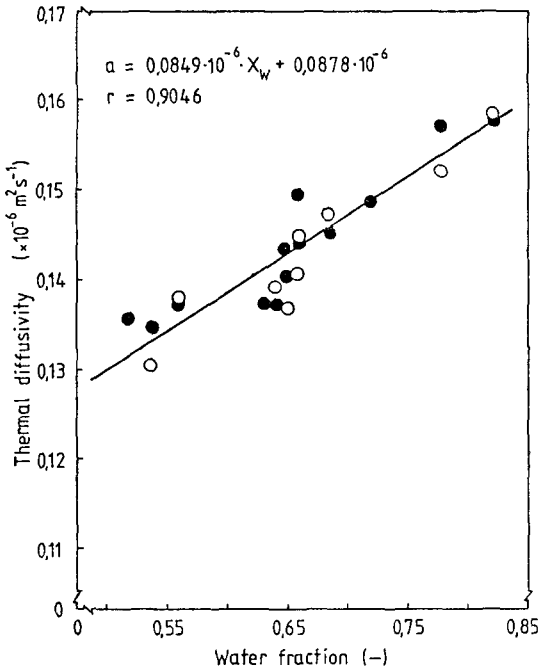


Fig. 10. Thermal diffusivity versus water content at  $100.63 \pm 0.80^\circ\text{C}$  in saturated steam. -●- : Filefish, -○- : Alaska pollack.

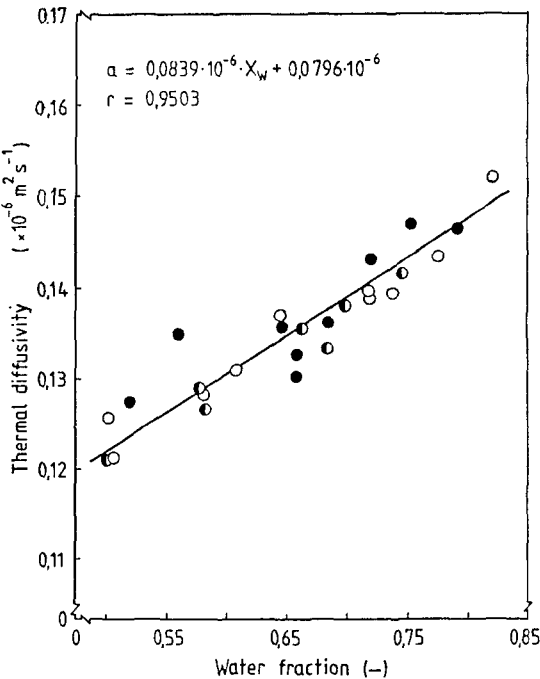


Fig. 11. Thermal diffusivity versus water content at  $80.39 \pm 0.50^\circ\text{C}$  in water. -●- : Filefish, -○- : Alaska pollack -●- : Sardine.

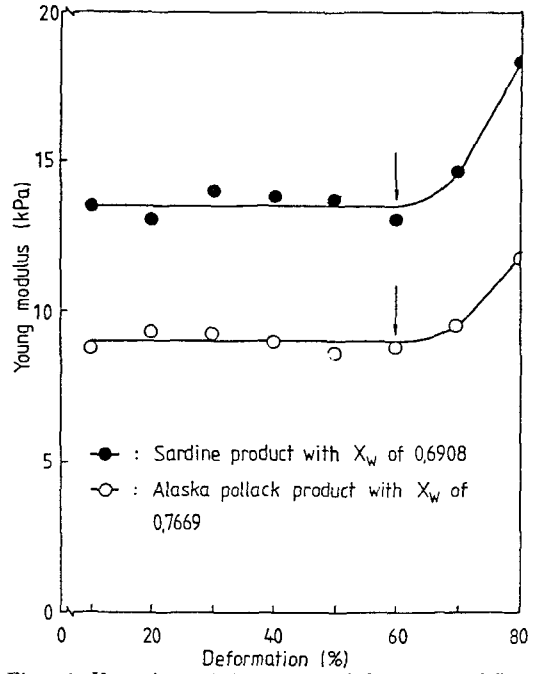


Fig. 12. Young's modulus versus deformation of fish meat paste product treated at  $80.39 \pm 0.50^\circ\text{C}$  for 40 min.

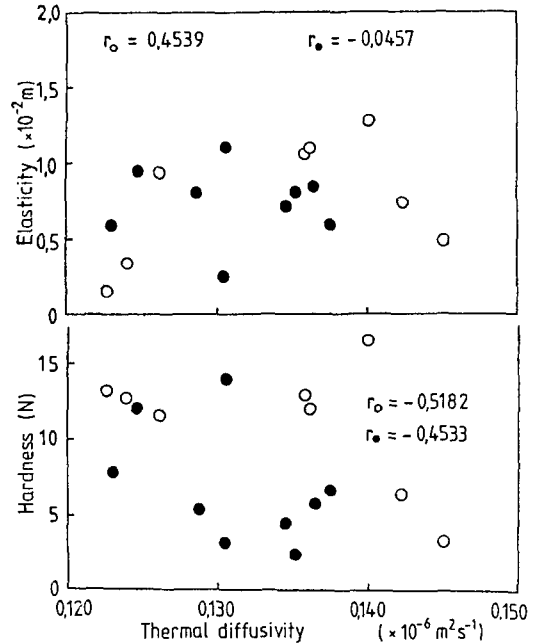


Fig. 13. Elasticity and hardness of fish meat paste product versus thermal diffusivity at  $80.39 \pm 0.50^\circ\text{C}$ .

○ : White muscled fish(Alaska pollack and Yellow corvenia), ● : Red muscled fish(Sardine)

서는 연구된 바가 없다.

Fig. 11에는 白色肉魚肉과 赤色肉魚肉을 원료로 하였을 때의 煉製品の 熱擴散度를 나타내었으며, 熱擴散度는 원료 魚肉의 종류에 關係없이 수분 함량을 기준으로 다음과 같은 하나의 회귀 직선식으로 나타낼 수 있었다.

$$a_{30-39} = 0.0839 \cdot 10^{-6} \cdot X_w + 0.0796 \cdot 10^{-6} \quad \dots (28)$$

$$r = 0.9503$$

成分組成이 동일한 煉製品の TPA parameter는 40분의 熱處理 이후에는 거의 일정한 값을 나타내었으므로, 熱處理時間을 40분으로 한 試料煉製品の 變形率에 대한 Young率의 變化를 Fig. 12에 나타내었다. 그 結果 Young率은 變形率 60%까지 거의 일정한 값을 나타내었으며, 그 이상에서는 증가하였다. 또한 shear rate 10~115mm/min 범위에서 Young率의 變化는 없었으므로 本實驗에서는 텍스투어 測定條件으로서 Table 1에서와 같이 變形率은 60%, cross head speed는 50mm/min로 하였다.

명태 및 조기 고기풀을 원료로 한 白色肉魚肉煉製品과 정어리 고기풀을 원료로 한 赤色肉魚肉煉製品의 TPA parameter들中 彈力(elasticity)과 硬度(hardness)를 Fig. 13에 나타내었다.

彈力の 경우 赤色肉魚肉을 원료로 한 煉製品の 相關係數는 0.0457로 극히 낮아서 熱擴散度와의 關係를 거의 인정할 수 없었으나, 白色肉魚肉煉製品의 彈力은 熱擴散度에 따라 약간 증가하는 경향을 나타내었다( $r=0.4539$ ). 이는 白色肉魚肉을 원료로 한 煉製品の 경우 赤色肉魚肉 원료의 煉製品과는 달리 수분 함량이 많을수록 彈力이 강해짐을 의미하였다.

煉製品の 硬度는 원료 魚肉에 關係없이 熱擴散度の 증가에 따라 감소하는 경향을 나타내었으나, 赤色肉魚肉煉製品의 경우  $r=0.4533$ , 白色肉魚肉煉製品은  $r=0.5182$ 로 相關係數는 그리 높지 않았다. 또한 동일 熱擴散度에서는 白色肉魚肉煉製品의 硬度가 赤色肉魚肉煉製品의 硬度보다 全般的으로 높은 경향을 나타내었다.

### 結論 및 要約

魚肉煉製品の 熱處理工程을 추정하기 위한 수단으로서 熱浸透曲線으로부터 熱擴散度를 測定하고, 이의 추정식을 구하고자 하였으며, 먼저 成分組成, 텍스투어 및 遲延時間과 熱擴散度와의 關係를 검토하였다.

명태, 말쥐치, 조기 및 정어리의 고기풀에 전분, 분리 대두 단백질, 돼지 기름 또는 대두유를 혼합하되,

혼합비를 달리하여 成分組成을 무작위하게 하였다. 그리고 식염과 축합 인산염의 농도는 3% 및 0.3%로 각각 조절하였다. 이를 模型容器에 넣고 熱傳達實驗을 행하여 熱浸透曲線을 測定하고, 이로부터 Fourier 제2식의 解와 Newman의 方法을 이용하여 熱擴散度를 구하였으며, 加熱媒體로는 끓는 물과 포화 수증기를 사용하였다.

成分組成, 遲延時間의 有無 및 텍스투어와 熱擴散度와의 關係는 다음과 같이 要約할 수 있었다.

1. 동일 溫度에서 肉魚煉製品の 熱擴散度는 지방 함량 0.50~14.88%, 수분 함량 43.00~82.49%의 범위에서 수분 함량의 증가에 따라 직선적으로 증가하였다.
2. 遲延時間(come-up time)은 肉魚煉製品の 熱擴散도에 영향을 끼치지 않았다.
3. 肉魚煉製品の 硬度는 熱擴散度の 증가에 따라 감소하였으나, 熱擴散度와의 相關性은 그리 높지 않았다. 또한 白色肉魚肉煉製品의 硬度가 赤色肉魚肉煉製品의 硬度보다 높았다.
4. 白色肉魚肉煉製品의 彈力은 熱擴散度の 증가에 따라 다소 증가하는 경향을 나타내었으나 赤色肉魚肉煉製品에서는 彈力과 熱擴散度와의 相關性을 거의 인정할 수 없었다.

### 文 獻

Ball, C.O. 1923. Thermal process time for canned foods. Bull. Natl. Res. Council, 7, part No. 37, 76p.

Ball, C.O. and F.C.W. Olson. 1957. Sterilization in food technology. McGraw-Hill Book Co. New York, NY.

Berry, M.R. Jr. 1983. Prediction of come-up time correction for batch type agitating and still retorts and the influence on thermal process calculations. J. Food Sci. 48, 1293~1299.

Bourne, M.C. 1968. Texture profile of ripening pears. J. Food Sci. 33, 223~226.

Bourne, M.C. 1977. Limitations of rheology in food texture measurement. J. Texture studies, 8, 219.

Boussinesq, J., 1975. Application des potentiels à l'étude de l'équilibre et du mouvement des solides élastiques. Paris.

Carslaw, H.S. and J.C. Jaeger. 1959. Conduction of heat in solids. Oxford Univ. Press, Oxford, England, 150p.

- Charm, S.E. 1978. Fundamentals of food engineering AVI Publ. Co. Inc., Westport, Conn. Vol. 2.
- Dickerson, R.W. Jr. and R.B. Jr. Read. 1968. Calculation and measurement of heat transfer in foods. Food Technol., 22, 1533~1535, 1545~1548.
- Dickerson, R.W. Jr. 1969. Thermal properties of food. In the "Freezing preservation of food." 4th ed., AVI Publ. Co., Westport, Conn. Vol. 2.
- Gaffney, J.J., C.D. Baird and W.D. Eshleman. 1980. Review and analysis of the transient method for determining thermal diffusivity of fruits and vegetables. ASHRAE Trans. 2, 261~280.
- Griffith, C.L. 1985. Specific heat, thermal conductivity, density and thermal diffusivity of Mexican Tortillas Dough. J. Food Sci. 50, 1333~1341.
- Han, B.H. and M. Loncin. 1985. Thermal diffusivities of fish products. Lebensm. -Wiss. u.-Technol. 18, 159~163.
- Hayakawa, K.I. and C.O. Ball. 1971. Theoretical formulas for temperature in cans of solid food for evaluating heat process. J. Food Sci. 36, 306~310.
- Heiss, R. and K. Eichner. 1984. Haltbarmachen von Lebensmitteln. Springer Verl. 191p.
- Heldman, D.R. and R.P. Singh. 1980. Food process engineering. AVI Publ. Co., Conn.
- Kong, J.Y., O. Miyawaki and T. Yano. 1980. Effective thermal diffusivities of some protein gels. Agric. Biol. Chem. 44, 1905~1910.
- Kostaropoulos, A.E. 1971. Wärmeleitahlen von Lebensmitteln und Methoden zu deren Messung. Heft 16, Berichts-Heft der Fachgemeinschaft Lufttechnische und Trocknungs Anlagen im VDMA, 6, 320.
- Kostaropoulos, A.E., W. Wolf and W.E.L. Spiess. 1975. Modelle für die theoretische Bestimmung der Wärmeleitahl inhomogener poröser Stoffe. Lebensm. -Wiss. u. -Technol. 8, 177~180.
- Martens, T. 1980. Mathematical model of heat processing in flat containers. Ph. D. Thesis. Kato-leike Univ. Leuven, Belgium.
- Mohsenin, N.N. 1970. Physical properties of plant and animal materials. Vol. 1. Structure, physical characteristics and mechanical properties. Gordon and Breach Science Publ. N.Y. U.S.A.
- Mohsenin, N.N. 1980. Thermal properties of foods and agricultural materials. Gordon and Breach Science Publ.
- Montejano, J.G., D.D. Hamann and T.C. Lanier. 1983. Final strength and rheological changes during processing of thermally induced muscle gels. Food Sci. 557~579.
- Newman, A.B. 1930. Temperature distribution in internally heated cylinder. Trans. Amer Inst. Chem. Eng. 24. 44~54.
- Ramaswamy, H.S., K.V. Lo and M.A. Tung. 1982. Simplified equations for transient temperatures in conductive food with convective heat transfer at the surface. J. Food Sci. 47, 2042~2047.
- Riedel, L. 1969. Temperaturleitfähigkeitsmessungen an wasserreichen Lebensmitteln. Kältetechnik-Klimatisierung. 21, 315~316.
- Rizvi, S.S.H., J.L. Bleisdell and W.J. Haper. 1980. Thermal diffusivities of model meat analog system. J. Food Sci. 45. 1727~1731.
- Siebel, J.E. 1892. Specific heat of various products. Ice Refrig. 2, 256.
- Singh, R.P. 1982. Thermal diffusivity in food processing. Food Technol. 36, 2, 87~91.
- Stumbo, C.R. 1965. Thermobacteriology in Food processing. Academic Press.
- Succar, J. and K.I. Hayakawa. 1982. Prediction of time correction factor for come-up heating of packaged liquid food. J. Food Sci. 47, 614~618.
- Uno, J. and K.I. Hayakawa. 1980. A method for evaluating thermal diffusivity of heat conduction food in a cylindrical can. J. Food Sci. 45, 692~695.
- Yano, T., J.Y. Kong, O. Miyawaki and K. Nakamura. 1981. The "intrinsic" thermal conductivity of wet soy protein and its use in predicting the effective thermal conductivity of soybean curd. J. Food Sci. 46, 1357~1361.
- 金炳淳·李應昊. 1972. 잉어 어묵 製造에 關한 研究. 韓水誌 5(3), 97~103.
- 李應昊·趙舞榮·金程均. 1983. 정어리 소시지의 品質改善에 關한 研究 (1) 정어리 소시지의 加工 및 品質改善. 韓國營養食糧學會誌 12(4), 374~381.
- 趙舞榮·李應昊·河在浩. 1983. 정어리 소시지의 品質改善에 關한 研究. (2) 소시지 원료로서의 정어리 冷凍 고기풀의 加工 및 品質安定性. 韓國營養食糧學會誌 13(2), 143~148.

1988년 8월 31일 접수

1988년 10월 11일 수리