

# 煉製品類의 熱擴散度 推定에 關한 研究\*

## 2. 加熱溫度 및 二段加熱의 熱擴散度에 對한 影響

崔秀逸\*\* · 韓鳳浩 · 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

## 2. Influence of Heating Temperature and Two Stage Heating Method on the Thermal Diffusivities

Soo-Il CHOI\*\*, Bong-Ho HAN, 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

As second part of a series study on the prediction of thermal diffusivities of fish meat paste products, the influence of heating temperature and two stage heating method on the thermal diffusivity was investigated.

The results could be summarized as follows :

Thermal diffusivities of fish meat paste products increased not only with the increase of water content of the products at constant temperature, but also with the increase of heating temperature.

As for the two stage heating method of fish meat paste products, thermal history of the products revealed no influence on the thermal diffusivities of the products.

### 緒 論

煉製品類의 熱處理工程을 수학적으로 推定可能케 하기 위한 일련의 研究로서 前報(韓 등, 1988)에서는 模型魚肉煉製品의 成分組成 및 텍스츄어와 熱擴散度와의 關係를 살펴 보았다. 일반적으로 煉製品의 彈力은 加熱溫度에 따라서 그 程度가 달라질 뿐만 아니라, 二段加熱에 의하여서는 彈力이 補強된다고 한다(金과 李, 1972 ; 朴, 1976 ; 李, 1985). 따라서 本實驗에서는 加熱溫度와 二段加熱이 煉製品의 熱擴散度에 미치는 影響을 검토하였다.

### 材料 및 方法

#### 1. 試料

명태, *Theragra chalcogramma*, 말쥐치, *Navodon modestus*, 조기, *Pseudosciaena manchurica* 및 정어리, *Sardinops melanoticta*의 고기풀을 주원료로 하고, 부원료인 전분, 분리 대두 단백질(isolated soybean protein), 돼지 기름 또는 대두유, 축합 인산염과 식염을 혼합하였다. 이들을 前報(韓 등, 1988)에서와 같이 處理하여 축합 인산염과 식염의 濃도가 각각 0.3% 및 3%가 되도록 調節하고 熱傳達實驗에 使用하였

\*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.)

다.

2. 實驗裝置

前報(韓 등, 1988)에서와 동일한 裝置 및 模型容器를 使用하였다.

3. 實驗方法

一般成分의 分析 및 熱傳達實驗은 前報(韓 등, 1988)에서와 동일한 方法으로 行하였다. 熱擴散度의 計算 역시 前報(韓 등, 1988)에서와 동일한 方法으로 行하였다. 즉,  $(\vartheta_R - \vartheta) \leq 10^\circ\text{C}$  일때 Ramaswamy et al. (1982)의 方法에 따라  $F_0 \geq 0.2$ 의 범위에서 Fourier 제2식의 解(Carslaw and Jaeger, 1959)와 Newman의 方法(Newman 1930)을 利用하여 2분 간격으로 行하였다. 따라서 有限 원기둥형 容器內의 試料 고기품의 溫度分布는 식(1)과 같이 나타내어진다.

$$\left(\frac{\vartheta_R - \vartheta}{\vartheta_R - \vartheta_0}\right) = \left\{ \frac{4}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{(2n-1)} \cdot \cos \left[ \frac{2n-1}{2} \cdot \pi \cdot \frac{x}{\Delta x} \right] \cdot \exp \left[ -\left(\frac{2n-1}{2}\right)^2 \cdot \pi^2 \cdot F_{Op1} \right] \cdot \left\{ 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{J_0(B_n \cdot R/R_{max})}{B_n \cdot J_1(B_n)} \cdot \exp(-B_n^2 \cdot F_{Ocv1}) \right\} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

그리고 冷點에서는  $x=0, R=0$ 이므로 식(1)은 다음과 같이 정리된다.

$$\left(\frac{\vartheta_R - \vartheta}{\vartheta_R - \vartheta_0}\right) = \left\{ \frac{4}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{2n-1} \cdot \exp \left[ -\left(\frac{2n-1}{2}\right)^2 \cdot \pi^2 \cdot F_{Op1} \right] \cdot \left\{ 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{B_n \cdot J_1(B_n)} \cdot \exp(-B_n^2 \cdot F_{Ocv1}) \right\} \right\} \dots\dots\dots (2)$$

또한 無限 원기둥형 容器의 경우는 溫度分布가 다음과 같다.

$$\left(\frac{\vartheta_R - \vartheta}{\vartheta_R - \vartheta_0}\right)_{cyl} = 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{J_0(B_n \cdot R/R_{max})}{B_n \cdot J_1(B_n)} \cdot \exp(-B_n^2 \cdot F_{Ocv1}) \dots\dots\dots (3)$$

이 경우에도 冷點에서는  $R=0$ 이므로

$$\left(\frac{\vartheta_R - \vartheta}{\vartheta_R - \vartheta_0}\right)_{cyl} = 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{B_n \cdot J_1(B_n)} \cdot \exp(-B_n^2 \cdot F_{Ocv1}) \dots\dots\dots (4)$$

식(1)부터 (4)까지에서

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

$F_{Ocv1}$  : Fourier number for infinite cylinder (-)

$F_{Op1}$  : Fourier number for infinite plate (-)

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

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

$R$  : radial distance from midpoint (m)

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

$x$  : distance from midpoint (m)

$\Delta x$  : half thickness (m)

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

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

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

그러므로 加熱時間에 따른 冷點에서의 溫度를 測定하고, 測定된 溫度와 그때의 時間을 식(2)와 (4)에 대입하여 試料煉製品의 熱擴散度를 計算하였다.

4. 二段加熱實驗

成分組成이 무작위하게 調節된 試料 고기품을 有限 원기둥형 容器(No. 1 can,  $\phi: 7.50 \times 10^{-2} m$ ,  $H: 11.20 \times 10^{-2} m$ )에 充塡하고  $50^\circ\text{C}$ 의 恆溫水槽에서 30분간 1차로 加熱한 다음 試料의 内部溫度가 均일하여 질 때까지 흐르는 물속에서 충분히 냉각시켰다. 이를 다시  $100.63 \pm 0.80^\circ\text{C}$  및  $80.39 \pm 0.50^\circ\text{C}$ 의 恆溫水槽에서 再加熱하면서 冷點에서의 溫度變化를 測定하였다.

結果 및 考察

1. 試料의 一般成分

축합 인산염과 食鹽의 濃度가 각각 0.3% 및 3%가 되도록 부원료와 혼합한 試料 고기품의 各成分含量은 水分 43.00~82.49%, 脂肪 0.50~14.88%, 炭

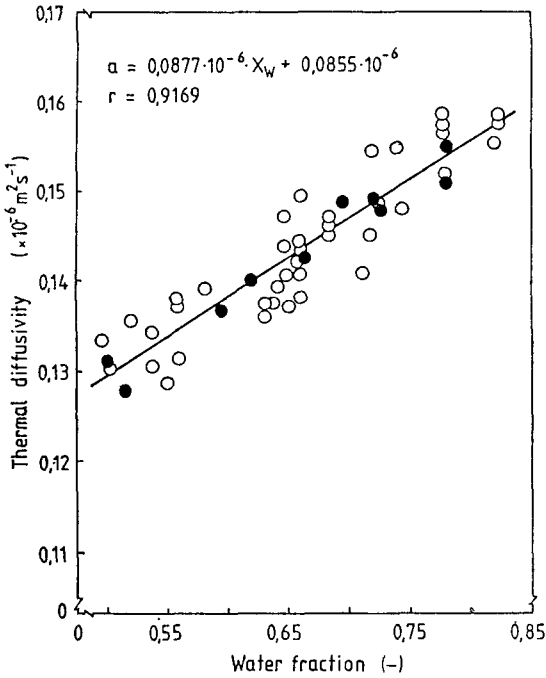


Fig. 1. Thermal diffusivity versus water content at  $100.63 \pm 0.80 \text{ }^\circ\text{C}$  in saturated steam and water. -○-: 1st stage heating, -●-: 2nd stage heating after primary heating at  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  for 30 min.

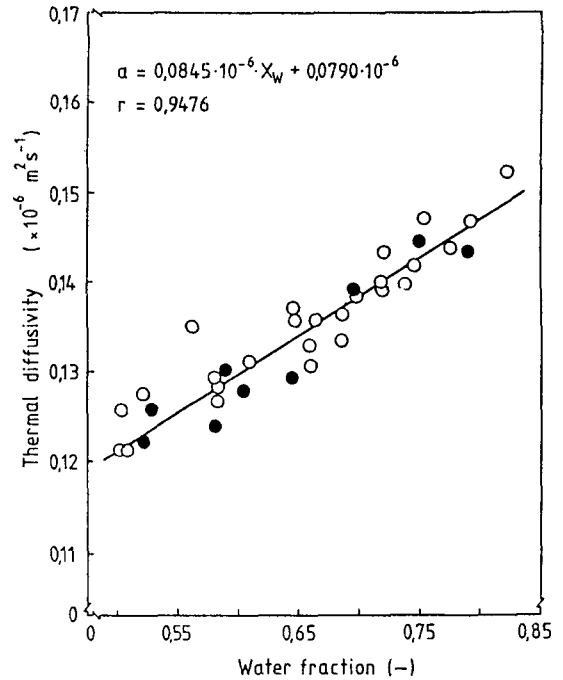


Fig. 2. Thermal diffusivity versus water content at  $80.39 \pm 0.50 \text{ }^\circ\text{C}$  in water. ○: 1st stage heating, ●: 2nd stage heating after primary heating at  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  for 30 min.

水化物 1.00~29.29%, 蛋白質 9.17~36.08% 그리고 灰分은 0.18~2.52%의 범위였다.

## 2. 二段加熱과 熱擴散度

魚肉煉製品은 二段加熱에 의하여서도 彈力이 補強된다고 한다(金과 李, 1972). 따라서 이와 같은 二段加熱法을 고려하여, 二段加熱試料의 熱擴散度を  $100.63 \pm 0.80 \text{ }^\circ\text{C}$  및  $80.39 \pm 0.5 \text{ }^\circ\text{C}$ 에서 測定하고 이를 同一溫度에서 測定한 一段加熱試料의 熱擴散도와 比較하였다.

$50 \text{ }^\circ\text{C}$ 에서 一次加熱하였을 때의 冷點에서의 最高溫度는 試料 고기풀의 成分組成에 따라  $33 \sim 38 \text{ }^\circ\text{C}$ 의 범위에서 다소 차이를 나타내었다.

二段加熱試料의 熱擴散度は Fig. 1에 나타낸 바와 같이 一段加熱試料의 熱擴散도와 比較하여 별다른 차이를 나타내지 않았으며, 一段加熱試料煉製品의 熱擴散도와 함께 다음의 式으로 나타낼 수 있었다.

$$a_{100.63^\circ\text{C}} = 0.0877 \cdot 10^{-6} \cdot X_W + 0.0855 \cdot 10^{-6} \dots (3)$$

$$r = 0.9169$$

여기서

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

$X_W$ : mass fraction of water in product (-).

式 (3)은 同一溫度에서는 煉製品의 熱擴散도가 水分含量的 증가에 따라 직선적으로 증가한다는 前報(韓 등, 1988)의 結果와도 일치하였다.

加熱溫度  $80.39 \pm 0.50 \text{ }^\circ\text{C}$ 의 경우에도 Fig. 2에 나타낸 바와 같이  $100.63 \pm 0.80 \text{ }^\circ\text{C}$ 의 경우와 마찬가지로 結果를 확인할 수 있었으며 이 때의 회귀 직선식은 다음과 같았다.

$$a_{80.39^\circ\text{C}} = 0.0845 \cdot 10^{-6} \cdot X_W + 0.0790 \cdot 10^{-6} \dots (4)$$

$$r = 0.9476$$

이들 結果는 畜肉 및 魚肉 소시지 試料를  $120 \text{ }^\circ\text{C}$ 에서 반복하여 熱處理한 朴(1986)의 報告와 일치하였으며, 이로 미루어 魚肉煉製品의 熱擴散度は 成分組成이 변하지 않는한 二段加熱에 의하여 영향을 받지 않음을 알 수 있었다.

## 3. 加熱溫度와 熱擴散度

Singh (1982)에 의하면 食品의 熱擴散度は 加熱溫度의 영향을 크게 받기 때문에 加熱溫度의 범위가 넓은 食品의 熱處理工程에서는 이점이 충분히 고려

되어야 된다고 하였다. 또한 Rizvi et al. (1980)은 畜肉과 유사한 模型製品의 熱擴散도가 71.1~83.3°C의 溫度 범위에서는 溫度에 따라 증가하나, 93.3~116°C의 범위에서는 溫度 상승에 따라 熱擴散도가 오히려 감소한다고 보고하였다. 그런데 Griffith (1985)는 구운 옥수수떡 (Mexican Tortillas Dough)의 熱擴散도의 경우 溫度와는 큰 相關關係가 없다고 하였다.

그러나 Nesvadba and Eunson (1984)은 대구肉의 熱擴散도가 0~38°C의 범위에서 溫度에 따라 커진다고 하였으며, Riedel (1949)은 0°C이상 80°C까지의 溫度 범위에서 脂肪含量이 적은 食品의 熱擴散도는 溫度에 따라 증가한다고 하였다. Han and Loncin (1985)도 100~120°C의 범위에서 模型魚肉煉製品의 熱擴散도는 溫度에 따라 증가한다고 밝힌 바 있다.

本 實驗의 結果에서도 Fig. 1과 Fig. 2를 비교하여 보면, 水分含量이 同一한 模型魚肉煉製品의 熱擴散도는 Riedel (1949), Han and Loncin (1985)의 報告와 같이 熱處理溫度가 높을수록 증가하였다.

### 結論 및 要約

魚肉煉製品의 熱處理工程을 推定하기 위한 수단으로서 熱浸透曲線으로부터 熱擴散도를 구하고, 이의 推定式을 얻고자 前報 (韓 등, 1988)에 이어 加熱溫度 및 二段加熱法이 熱擴散도에 미치는 영향을 검토하였다.

成分組成을 무작위하게 한 模型, 말쥐치, 조기 및 정어리 고기품을 試料로 하고, 끓는 물과 포화 수증기를 加熱媒體로 하여 熱傳達實驗을 행하였으며, Fourier 제2식의 解와 Newman의 方法으로 熱擴散도를 구하였다.

加熱溫度 및 二段加熱法과 煉製品의 熱擴散도와 關係는 다음과 같이 要約할 수 있었다.

1. 脂肪含量 0.50~14.88%, 水分含量 43.00~82.49%의 魚肉煉製品의 熱擴散도는 同一水分含量에서는 熱處理溫도의 상승에 따라 증가하였다.

2. 魚肉煉製品의 二段加熱方法은 一段加熱方法과 비교하여 熱擴散도에 差異를 나타내지 않았다.

### 文 獻

Carslaw, H. S. and J. C. Jaeger. 1959. Conduction of

heat in solids. Oxford Univ. Press, Oxford, England, p.150

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.

Nesvadba, V. E. and C. Eunson. 1984. Moisture and temperature dependence of thermal diffusivity of cod mince. J. Food Thchnol. 59, 585~592.

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 conductive heat transfer at the surface. J. Food Sci. 47, 2042~2047.

Riedel, L. 1949. Wärmeleitfähigkeitsmessungen an wasserreichen Lebensmitteln. Kältetechnik - Klimatisierung 21, 315~316.

Rizvi, S. S. H., I. L. Bleisdell and W. J. Haper. 1980. Thermal diffusivities of model meat analog system. J. Food Sci. 45, 1727~1731.

Singh, R. P. 1982. Thermal diffusivity in food precessing. Food Technol. 36 (2), 87~91.

金炳淳·李應昊. 1972. 잉어 어묵 製造에 關한 研究. 韓水誌 5 (3), 97~103.

朴榮浩. 1976. 水産食品加工學. 螢雪出版社. p. 349~350.

朴相珉. 1986. 畜肉 및 魚肉 소시지의 熱擴散도에 關한 研究. 釜山水産大學 工學碩士學位 論文.

李應昊. 1985. 水産加工學. 先進文化社. p. 280~286.

韓鳳浩·崔透逸·金鍾鐵·裴泰進·趙顯德. 1988. 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도에 대한 영향. 韓水誌 21(5), 277~287.

1988년 8월 31일 접수

1988년 10월 11일 수리