電 氣 に よ る 魚 肉 の 煮 熟 脱 水

橋 本 鶴 夫

(水 産 試 験 場)

Cooking of Fish Meat by Joule's Heat.

T. HASHIMOTO

SYNOPSIS

Cooking of fish meat by Joule's heat was studied by applying alternating current of 50~200 volt to fish meat in a pressing cage. Pressure on the fish meat was kept at 0.01~0.05 kg/cm². Empirical formula for the relation between the specific resistance of fish meat and temperature during cooking, the time required for cooking and the quantity of water squeezed out of meat during cooking were obtained.

食用魚粉の製造工程中に於ける煮熟を簡易に行う方法として、魚肉に電流を通じジュール熱による魚肉の煮熟並にそれに伴う脱水につき実験を行つた。

実 験 装 置 (第 1 図)

木製締胴の中に材料を入れ、その上下両面に電極板を置き、交流電圧 100 volt を加える。上部電極板上には 0.01~0.05 kg/cm² の圧力に相当する軽荷重を附す。

実 験 結 果

(I) 加電中に於ける材料の

比抵抗

 S = 締胴の切口面積 h = 締胴中に於ける材料の高さ W_0 , W = 最初及び時間 t に於ける

材料中の水分量,

 v = 電 圧, i = 電 流,

- 第 1 図 実 験 装 置
-
1. 試 料 (Fish Meat) 2. 締胴(木製) (Pressing Cage)
3. 上部電極板 (Upper Plate) 4. 重 錘 (Weight)
5. 下部電極板 (Lower Plate) 6. 電気絶縁板 (Insulator)
7. 液 受 (Receiver) 8. 水 圧 器 (Hydraulic Press)

Q = 加電中に於ける脱水量, w = 材料中の水分含有割合 = $\frac{W}{Sh} = \frac{W_0 - Q}{Sh}$,

 ρ = 材料の比抵抗 とし

$$\rho = \frac{Sv}{hi}$$

として求めた比抵抗 ρ と 温度 θ との関係は第 2 図に示す如くである。

* 水産試験場業績 第 145 号 (1949)
(昭和 25 年 5 月 2 日受理)

煮熟脱水の始まるまでは $\frac{1}{\rho}$ は温度と共に直線的に上昇する。脱水の始まつた後は含有水分割合 w の減少により $\frac{1}{\rho}$ の温度による増加率は減じ 100°C 近くになり、材料内部に蒸発の起るに至り $\frac{1}{\rho}$ は急減する。

実験結果により加電中の魚肉の比抵抗を次の如き実験式に表わし得る。

$$\frac{1}{\rho} = (a + b\theta) \left(f - \frac{w}{w_0} - g \right)$$

第 1 表 Table 1.

魚 種 Kind Fish	実験番号 Expt. No.	a	b	f	g	v volt	P kg/cm ²	G kg	備 考 Remarks
サ バ Mackerel	B-2	1.8×10^{-3}	0.106×10^{-3}	2.3	1.3	98.3	0.05	3.5	
	3	2.4	0.116	1.9	0.9	103.8	0.05	3.5	
	4	0.5	0.114	1.9	0.9	95.0	0.05	3.5	
	17	2.1	0.102	1.0	0	95.5	0.01	4	
カ レ イ Flat Fish	B-8	3.2	0.192	1.9	0.9	96.5	0.05	4	B-12 は 塩 水 浸 漬 Dipped in Salt Water
	9	2.5	0.190	2.0	1.0	97.0	0.01	4	
	12	3.2	0.256	3.5	2.5	102.0	0.01	4	
ス ケ ト ウ タ ラ Walleye Pollack	B-10	2.8	0.155	2.3	1.3	100.0	0.01	4	B-14 は 塩 水 浸 漬 Dipped in Salt Water
	13	2.4	0.095	1.0	0	97.1	0.01	3	
	14	4.2	0.188	2.8	1.8	98.8	0.01	3	
	D-1	3.1	0.152	1.9	0.9	96.1	0.01	1	
	20	4.0	0.154	—	—	101.4	0.01	1	
	21	4.0	0.192	—	—	100.4	0.05	1	
ホ ツ ケ Atka Mackerel	B-20	1.95	0.122	3.6	2.6	99.7	0.02	4	B-21 は 塩 水 浸 漬 Dipped in Salt Water
	21	3.0	0.174	3.6	2.6	102.5	0.02	4	

ρ を $\Omega \text{ cm}$, θ を $^{\circ}\text{C}$ で表わし, 実験により得た定数の値は第 1 表の如くである。これらの値は同一の魚種についてもその鮮度その他により相当異なるものがある。電極板上に附した荷重による影響は, 実験に採用した $0.01 \sim 0.05 \text{ kg/cm}^2$ の程度では殆んど見られない。

(II) 温度の上昇

締胴に装入した材料量を G , その比熱を c とすれば, 煮熟脱水の始まるまでは電力と温度上昇に要する熱量との関係は

$$J v d t = c G d \theta$$

但し J は電力の熱当量

$$\text{或は } \frac{J v^2 S}{h} (a + b \theta) d t = c G d \theta$$

脱水の始まるまでは h は殆んど不変で最初の値 h_0 に等しく, 又 c を一定とみなし, 且つ

$$a = \frac{J v^2 S b}{h_0 c G} \quad \text{とおけば上式から}$$

$$\theta = A e^{a t} - B \quad (1)$$

$$\text{但し } A = \frac{a + b \theta_0}{b}, \quad B = \frac{a}{b}$$

を得る。

煮熟脱水の始まつた後は h, w, c は共に変化するから θ と t との関係は複雑になる。併し実験の結果は第 3 図の如く脱水の始まつた後も矢張り大体 (1) 式により表わされる指数曲線の延長となつて表わされる。故に温度と時間との関係は煮熟脱水の前後を通じて同一の式 (1) を以て表わされるものといえる。

θ を $^{\circ}\text{C}$, t を min を以て表わす時第 3 図から求めた a と, $a_0 = \frac{J v^2 S b}{h_0 c G}$ として求めた値とを対比すれば第 2 表の如くである。

第 2 表 Table 2.

魚 種 Kind of Fish	実験番号 Expt. No.	a	a_0	$G \text{ kg}$	備 考 Remarks
サバ Mackerel	B-2	0.045	0.045	3.5	
	3	0.058	0.061	3.5	
	4	0.060	0.049	3.5	
	17	0.035	0.028	4	
カレイ Flat Fish	B-8	0.068	0.070	4	B-12 は 塩水浸漬 Dipped in Salt Water
	9	0.050	0.060	4	
	12	0.081	0.084	4	
スケトウ タラ Walleye Pollack	B-10	0.052	0.035	4	B-14 は 塩水浸漬 Dipped in Salt Water
	13	0.054	0.049	3	
	14	0.093	0.101	3	
	D-1	0.136	0.166	1	
	20	0.160	0.187	1	
	21	0.198	0.240	1	
ホッケ Atka Mackerel	B-20	0.032	0.037	4	B-21 は 塩水浸漬 Dipped in Salt Water
	20	0.051	0.056	4

$G \propto h_0 S$ なる故 $\alpha \propto \frac{v^2 b}{h_0^2}$ となり電圧 v の大なる程煮熟所要時間は著しく短縮されるが 200volt を用いる時は電極面と材料との接触が一様でない、接触部で過熱を來し操作が困難である。

材料を予め塩水に浸漬しておいたものは b が大なる故所要時間は短縮される。

第 4 図

第 3 表 Table 3.

魚 種 Kind of Fish	実験番号 Expt. No.	β	G kg	P kg/cm ²	備 考 Remarks
サ バ Mackerel	B-2	0.044	3.5	0.05	
	3	0.042	3.5	0.05	
	4	0.039	3.5	0.05	
	17	0.046	4	0.01	
カ レ イ Flat Fish	B-8	0.043	4	0.05	B-12 は 塩 水 浸 漬 Dipped in Salt Water
	9	0.043	4	0.01	
	12	0.053	4	0.01	
ス ケ ト ウ タ ラ Walleye Pollack	B-10	0.046	4	0.01	B-14 は 塩 水 浸 漬 Dipped in Salt Water
	13	0.050	3	0.01	
	14	0.049	3	0.01	
	D-1	0.050	1	0.01	
ホ ツ ケ Atka Mackerel	B-20	0.047	4	0.02	B-21 は 塩 水 浸 漬 Dipped in Salt Water
	21	0.051	4	0.02	

(III) 脱 水 量

温度が上昇するに伴い煮熟は促進せられ、従つて脱水量を増す。脱水量と温度との関係は次の実験式による指数曲線を以て表わされる。

$$Q = mG \{ e^{\beta(\theta - \theta_1)} - 1 \}$$

但し θ_1 は煮熟の始まる温度であつて、実験結果からみると大体 $\theta_1 = 40 \sim 45^\circ\text{C}$ のようである。定数 m の値は大体 0.017 であり、この値をとり Q と θ との関係を図示すると第 4 図の如く、これから β の値を求めるとその値は第 3 表の如くである。但し Q, G は kg, θ は $^\circ\text{C}$ を以て表わすものとする。

終りに臨み本実験に対し終始御懇切な御指導を賜つた源生研究室長、並に共に実験に従事された小松照雄助手に厚く感謝の意を表す。