

수산 발효식품 제조에 관한 연구

1. 어육 발효조의 설계

이 강 호 · 최 호 연

부산 수산대학 식품공학과

Studies on the Fermentation of Fish Protein

1. A Model Design of Fermentor

Kang-Ho LEE and Ho-Yeon CHOI

Dept. of Food Science and Technology, Pusan Fisheries College

In Korea, fermented fish has been playing an important role as a preserved and flavor rich food. It is said that the digestion of fish protein is due to both action of intrinsic (autolytic enzymes) and bacterial enzymes in fish. The mass production of fermented fish has been impeded since traditional method of fermentation requires a long duration for a complete digestion. A high concentration of salt and unsanitary condition are also considered disadvantages of the old method. To improve the quality of the product and to develop mechanized process of fermentation, fermentors which have such control device as temperature, pH and agitation control system have been urgently needed. In this study, a model design of a fermentor is studied. The calculation was based on the optimum conditions for enzymatic hydrolysis of fish protein which involve temperature, pH, viscosity and other factors.

서 언

수산발효 식품은 우리나라 고유의 식품으로 애호되어 왔다. 그러나 숙성 기간이 오래고 다량의 식염을 첨가시킴으로 식미에 적합치 못하였다. 따라서 이런 단점을 개선하기 위해 발효조 내에서 효소를 첨가하고 온도, pH 및 교반등을 행하여 단백질의 가수분해를 피할 목적으로 본 설계를 시도하였다. 단백질화를 공업적으로 행한 연구는 전혀 없고 화학적인 연구는 조금 알려져 있다.

단백액화는 육을 연화시켜 요리에 쓰기 위해 이용되었으며 Reed등(1966)은 papain(papaya에서 얻음),

ficin(무화과에서 얻음), bromelain(pineapple에서 얻음), 미생물에서 분리한 *B. subtilis*, *A. flavas-oryzae*, 동물 의 장기에서의 trypsin을 들고 있으며 식물효소와 미생물의 효소가 근육섬유에 작용할 때의 상이점과 분해과정을 기술하고 있다.

Beuk등(1959)은 papain 및 trypsin의 농도에 따른 연화정도를 실험했고, Sosetee등(1964)은 papain 용액에 계육을 침지시켰을 경우 연화도를 보고했다. Tomiyama등(1951)은 정어리 어육을 어육 자기효소만을 이용해서 단백질 액화 실험을 행하고 이때 pH, 온도, 첨가한 산 및 식염의 영향에 관해 보고했다. Sen등(1962)과 Sripathy(1962)는 어육에 papain을 첨가했을 때의 조건에 따른 변화를 조사하고 Iseki(1968), Higashi(1965, 1966)는 수종의 시판효소를 사용하여 효소활성과 적당한 pH, 온도, 농도등에 관해 보고한 바 있다.

조건의 설정

1. 공정 (Process)

효소를 첨가한 단백질 액화공정에 있어 현재 Fig. 1과 같은 공정을 취하고 있다. (Higashi 1966, Sakurai 1962)

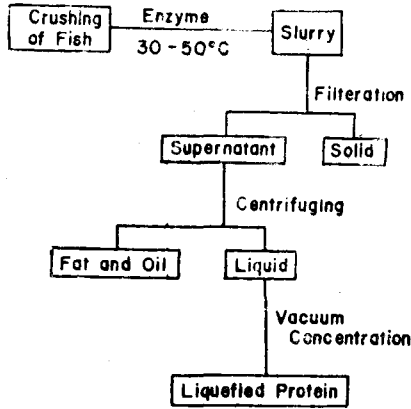


Fig. 1. General process of fish protein hydrolysis

(2) 마쇄 공정

어육의 마쇄는 2~2.5ton/hr 처리능력을 가진 grinder로 하고 소요동력은 5~71/2 마력이다. (General Catalog 177)

(3) 살균 공정

살균 공정의 중요성에 관해서는 이미 기술 했으나 열처리 후의 효소에 의한 가수분해에 대한 영향에 관하여 Gasugei(1965)는 어육 단백질용의 열응고 현상등의 물리적 변화로 효소의 침투가 어려워 진다고 하였으나 어육을 가용화하여 효소를 작용시킬 경우 열처리하지 않는 것 보다 쉽다고 하였다. 가열한 후에 효소를 첨가 시킨후 숙성시킨 것에 있어서 수율의 저하는 어육 자기효소의 실활에 영향이 있다고 Iseki(1968), Yanase등(1965)이 보고 하였다.

Schultz(1960) 및 Haurowitz(1950)는 단백질이 변성된 경우에 효소의 침투가 용이하다고 했다.

본 설계에서는 살균은 발효조내에서 행하고 마쇄어육에 동량의 물을 가하여 어육을 slurry 형태로 해서 교반하여 90°C에서 10분간 살균한다.

(4) 발효 공정

단백 분해효소의 선정에 있어서 지금까지 사용된 것은 papain, ficin, bromelain, pepsin, trypsin 및 미생물에서 분리한 것 등인데 Sakurai등(1962)은 fish soluble 제조시에 *B. subtilis var Biaticus*, *Aspergillus niger*, *fungi*, *S. griseus*등을 이용하였고, Higashi등 (1965)은 기질을 정갱이로 하고 온도를 50°C, 4시간, 효소제는 *Streptomyces*에서 분리된 것과 *Bacillus subtilis* 두종을 써서 전자의 것이 좋다고 하였다. Yanase등(1965)은 정갱이의 효소분해에서 작용온도를 50°C, 3시간, 효소제는 *Streptomyces* 계통의 것을 원료 어육에 관해서 0.2% 사용했으며, 세균에서 추출한것 보다 좋다고 했다. Onishi등(1968)은 정갱이 및 고등어의 액화물취기실험에서 *Streptomyces* 계열의 효소를 썼고 효소농도는 원료에 대해 0.4%, 50°C, 4시간 숙성시켰다. Sakurai등(1962)은 *Streptomyces*의 경우 40~50°C, pH 7, 0.2%로 했다. Iseki등(1968)은 기질을 정갱이, 고등어 및 꽁치를 쓰고 효소제는 *Streptomyces*, 50°C, 4시간이 좋다고 했다. 따라서 본 설계에서는 *Streptomyces griseus*를 쓰기로 하고 4시간 50°C로 발효조건을 정하고 첨가 효소는 원료어육에 대하여 0.3% 첨가하기로 한다.

(5) 가열 공정

발효가 끝난후에 잔류효소의 작용을 중지시키기 위해 90°C, 10분간 가열하여 실활시킨다.

(6)~(9)까지의 공정은 본 설계에서는 제외되었으나 여기서는 간단히 그 방법만을 소개한다.

(6) 여과 공정

원심분리기로 지방을 제거시키고 filter press로 여과 한다.

(7) 탈취 공정

상압하에서 공비증류를 행하며, 공비물질로는 toluene, xylene, cyclo-hexane을 쓴다.

(8) 농축 공정

그러나 위의 공정은 위생문제와 대량생산에 대처할 수 없다. 따라서 부패 flora와 발효 조건을 control하기 위해 효소를 첨가하여 소화하기 전에 약 90°C에서 10분간 살균한 후에 숙성시키고 숙성시킨 후에 다시 가열하여 첨가 효소를 실활(失活)시킨다. 이것을 정리하면 다음과 같다.

2. 공정 및 유의할 조건

1일 어육 3 ton을 처리할 수 있는 능력의 장치

(1) 세척 선별공정

어육에 부착된 오물, 흙등을 제거키 위해 수조내에 침지시킨 후에 건져서 draining 한후 마쇄기로 보낸다. conveyer 사용은 공정이 불연속적이고 처리량이 적어서 부적당하다.

감압 농축시킨다.

(9) 건조 공정

Spray dryer를 써서 건조시킨다.

위의 공정은 단백질분말을 만드는 공정이나 우리나라에서 즐겨먹는 전분을 제조할 경우 (6)~(9) 공정은 불필요하게 될것이다. 또한 이경우 적절한 향신료나 조미료를 첨가한다면 좋을 것이나 효소를 첨가하여서 숙성시켰을 경우 야기되는 냄새, 쓴맛의 제거가 문제 된다.

발효조의 설계

1. 재질

stainless steel sus 32

용량 : 발효조의 용적은 알콜발효에 있어서 피발효물의 3배로 취하고 있어 그와 유사하게함(Aiba (1969))

$$3,000 \times 3 + 3000 = 12(\text{kl})$$

어육의 무게 3,000kg

비중을 약 1로 계산한 값

2. 물질 수지

마쇄어육을 액화시켜서 수율을 보고한 Higashi(1966)에 의하면 콩치일 경우 15%, 고등어는 14.3%, 정갱이 14.2%, 고래육은 15.6%의 분말액화단백을 얻었다고 했으며 Onishi(1968)는 16.3%로 보고했다.

여기에서는어육 3ton을 기준으로 제품은 15%의 수율을 얻는 것으로 하고 물질 수지를 구하였다.

3. 설 비

온도 조절 : jacket와 coil내에 steam 및 냉각수를 통과시켜서 조절한다.

pH 조절 : acid 혹은 alkali tank를 설치하여 발효조와 연결시켜 pH를 조절한다.

교반 : 2.0마력, r.p.m.50의 motor를 사용한 flat blade turbine을 쓴다.

4. 계 산

살균 공정

조내를 coil로 가열할 경우 소요열량을 Q라 하면

$$Q = (6,000) (0.74) (90 - 20) = 310,800(\text{Kcal})$$

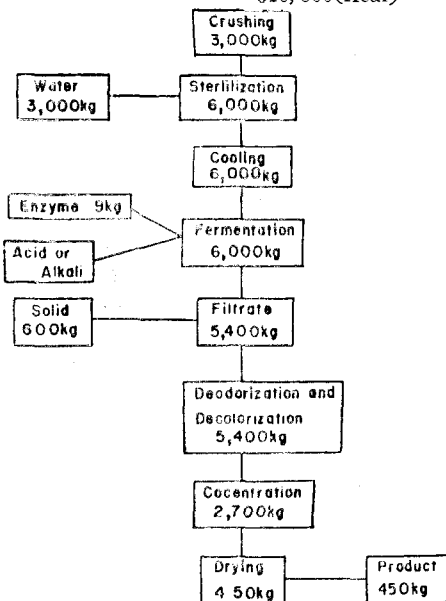


Fig. 2. Material balance in the digestion process of fish.

Table 1. Properties of fish slurry and saturated steam

	Fish slurry	Saturated steam
Entering temp., °C(t ₁)	20	120
Leaving temp., °C(t ₂)	90	120
Flow rate, kg(w)	6,000	5,825
Density, kg/m ₃ (ρ)	1,020	1.12
Specific heat, Kcal/kg. °C(C _p)	0.74*	0.52
Heat conductivity, Kcal/m. hr. °C(k)	0.476**	0.586
Viscosity, kg/m. hr(μ)	10.08***	0.0475
Pressure, abs. kg/cm ² (p)		2.03
Specific volume, m ³ /kg(v)		0.892
Latent heat of evaporation, Kcal/kg(λ)		525.9

* Charm, (1963 a)
 ** Charm, (1963 b)
 *** Murayama et al(1968), Shimizu et al(1962), Ueda et al (1962).

이 coil 내로 증기를 통과시킬 때 증기량은

$$= \frac{Q}{\lambda} = \frac{310,800}{525.9} = 582.8 \text{ kg/hr}$$

가열이 너무 크므로

coil heating 20°C → 65°C

jacket heating 65°C → 90°C

로 나누어 가열한다.

(1) Coil heating

가열온도 : 20°C → 65°C

$$\begin{aligned} \text{가열열량 } Q1 &= (6,000) (0.74) (65-20) \\ &= 199,800 (\text{Kcal}) \end{aligned}$$

$$W1 = \frac{199,800}{525.9} = 380 (\text{kg})$$

증기의 유속을 u라 하고 30m/sec로 정하면

$$\left(\frac{\pi}{4} D^2\right) (30) (3,600) (1.12) = 380 (\text{kg/hr})$$

$$D = 0.0515 \text{ m}$$

Perry(1950) : stainless steel 촌법에서

$$\text{o. d. (외경)} \quad \frac{1}{2}'' = 0.0635 \text{ m}$$

$$\text{thickness (두께)} \quad 0.15'' = 0.00381 \text{ m}$$

$$\text{i. d. (내경)} \quad 2.2'' = 0.05588 \text{ m}$$

i. d. 2.5'' pipe 속을 증기가 통과할 때의 증기의 유속 u

$$u = \frac{(380) (0.982)}{\left(\frac{\pi}{4}\right) (0.0588)^2 (3,600)} = 30.45 (\text{m/sec})$$

전열 계수의 산출

- ① Coil 내벽과 sat. steam과의 경막계수 h_1 은 지금까지 구하는 식이 연구되어 있지 않으나 실험적으로 그 값이 매우 크다.
- ② Coil 외벽과 slurry와의 경막계수 h_2 는 Perry(1950)에 의해서 구함

$$Nu = 0.87 \left(\frac{L^2 N \rho}{\mu} \right)^{0.62} (\text{pr})^{\frac{1}{4}} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14} \dots\dots\dots ①$$

$$L = \frac{2.2}{3} \text{ m}, \mu_w = 4. \text{ c. p}; \text{ 관벽에 있어서의 점도}$$

N: 50r. p. m. 그 외는 표1에서 찾아서

①식에 자 수치를 대입하여 h_2 를 구하면

$$\frac{h_2 (2.2)}{0.476} = 0.87 \left(\frac{\left(\frac{2.2}{3}\right)^2 (50 \cdot 60) (1,020)}{10.8} \right)^{0.62} \left(\frac{(0.74) (0.8)}{0.476} \right)^{\frac{1}{4}} \left(\frac{10.8}{14.4} \right)^{0.14}$$

$$\therefore h_2 = 759 \text{ Kcal/m}^2 \cdot \text{hr} \cdot \text{°C}$$

- ③ Fouling factor: 0.0004
- ④ Stainless steel 열전도도 13Kcal/m. hr. °C
두께 : 0.00381m

⑤ 총괄전열계수 U를 구하면

$$\begin{aligned} \frac{1}{U} &= \frac{1}{h_1} + \frac{1}{759} + \frac{0.0038}{13} + 0.0004 \\ &= 0 + 0.0013 + 0.00030 + 0.0004 \end{aligned}$$

=0.0020

$U=500\text{Kcal/m}^2 \cdot \text{hr} \cdot ^\circ\text{C}$

⑥ 소요 전열 면적 A는

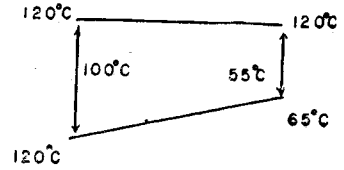
$Q=UA\Delta T_m$

$A = \frac{(6,000)(0.74)(65-20)}{(500)(77.5)} = 5.2(\text{m}^2)$

$\Delta T_m = \frac{100+55}{2} = 77.5(^{\circ}\text{C})$

$l = \frac{5.2}{0.0535\pi} = 26(\text{m})$

$n = \frac{26}{1.76\pi} = 6(\text{권})$



20°에서 65°C까지 가열하는데 걸리는 시간 θ 는

$2.3 \log \frac{T_s - t_1}{T_s - t_2} = \frac{UA\theta}{MCp} \dots\dots\dots ②$

②식에 각 수치는 대입하여 θ 를 구하면

$$\theta = \frac{MCp}{UA} \cdot 2.3 \log \frac{T_s - t_1}{T_s - t_2}$$

$$= \frac{(6,000)(0.74)}{(500)(5.2)} \cdot 2.3 \log \frac{120-20}{120-65} = 0.7\text{hr}$$

M: 피가열물의 총량

(2) Jacket측의 가열

① Jacket 내벽과 steam과의 경막계수 h_1 을 Nussel (1916) 식에 의해 구하면

$h_1 = 7.3 \left(\frac{1}{H\Delta t} \right)^{\frac{1}{4}} \left(\frac{k^3 \rho^2 \lambda g}{\mu} \right)^{\frac{1}{4}} \dots\dots\dots ③$

$\Delta t = 120 - 110 = 10(^{\circ}\text{C})$

$H = 2.2\text{m}$

$\mu = 23.9 \times 10^{-6} \text{kg/m} \cdot \text{sec}$

$\rho = 943 \text{kg/m}^3$

$k = 0.589 \text{Kcal/m} \cdot \text{hr} \cdot ^\circ\text{C}$

$\lambda = 526.1 \text{Kcal/kg}$

③식에 위의 각 수치를 대입하여 h_1 을 구하면

$h_1 = 7.3 \left(\frac{1}{(2.2)(10)} \right)^{\frac{1}{4}} \left(\frac{(0.589)^3 (943)^2 (526.1)(9.8)}{(23.9 \times 10^{-6})} \right)^{\frac{1}{4}}$

$\therefore h_1 = 4,690 \text{Kcal/m}^2 \cdot \text{hr} \cdot ^\circ\text{C}$

② Jacket 외벽과 suspension 어육의 경막계수 h_2 Perry(1950)에 의해

$Nu = 0.37 \left(\frac{L^2 N \rho}{\mu} \right)^{0.67} \left(\frac{Cp \cdot \mu}{k} \right)^{\frac{1}{4}} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14} \dots\dots\dots ④$

$Nu = 0.37 \left(\frac{(2.2)^2 (50 \cdot 60)(1,020)}{10.8} \right)^{0.67} \left(\frac{(0.74)(0.8)}{0.476} \right)^{\frac{1}{4}} \left(\frac{10.8}{14.8} \right)^{0.14}$

$\therefore h_2 = 586 \text{Kcal/m}^2 \cdot \text{hr} \cdot ^\circ\text{C}$

③ Fouling factor: 0.0004

④ Stainless steel의 열전도도 $k=13\text{Kcal/m} \cdot \text{hr} \cdot ^\circ\text{C}$

두께 = 0.006m

$$\begin{aligned} \frac{1}{U} &= \frac{1}{4,690} + \frac{1}{586} + \frac{0.006}{13} + 0.0004 \\ &= 0.00021 + 0.0017 + 0.00046 + 0.0004 \\ &= 0.0028 \end{aligned}$$

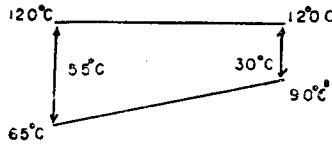
∴ $U = 362 \text{Kcal/m}^2 \cdot \text{hr} \cdot ^\circ\text{C}$

③ Jacket 소요 전열 면적 A

$$A = \frac{(6,000)(0.74)(90-65)}{(362)(45)} = 6.8(\text{m}^2)$$

$$\Delta T_m = \frac{55+35}{2} = 45(^{\circ}\text{C})$$

65°C에서 90°C로 가열하는 데 걸리는 시간을 구하면



식 ②에 대입하여

$$\begin{aligned} \theta &= \frac{MC_p}{UA} 2.3 \log \frac{T_s - t_1}{T_s - t_2} \text{에서} \\ &= \frac{(6,000)(0.74)}{(362)(6.8)} 2.3 \log \frac{120-65}{120-90} = 1 \text{hr} \end{aligned}$$

냉각 공정

Coil cooling 90°→60°C, Jacket cooling 60°→45로 나눈다.

(1) Coil 내에 냉각수를 통과시킬 때

냉각수량 W_1

$$W_1 = \frac{(6,000)(0.74)(90-60)}{1 \times (35-25)} = 13,320 \text{kg}$$

냉각수의 유속

$$u = \frac{(13,320) \left(\frac{1}{995.7} \right)}{\left(\frac{\pi}{4} \right) (0.05588)^2 (3600)} = 1.53 \text{m/sec}$$

평균온도 $\frac{(35+25)}{2} = 30^{\circ}\text{C}$ 에서 냉각수의 물성치

$\mu = 2.927 \text{kg/m} \cdot \text{hr}$

$k = 0.528 \text{Kcal/hr} \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{m}$

$\rho = 995.7 \text{kg/m}^3$

$C_p = 0.998 \text{Kcal/kg} \cdot ^\circ\text{C}$

$$Re = \frac{Du\rho}{\mu} = \frac{(0.05588)(1.53)(3,600)(995.7)}{2.927} = 1.05 \times 10^6$$

∴ 난류

① Coil 내벽과 냉각수와의 경막계수 h_1

$Nu = 0.023 Re^{0.8} Pr^{\frac{1}{4}}$ ⑤

⑤식에 각 수치를 대입하여 h_1 을 구한다.

$$\frac{h_1(0.05588)}{0.528} = 0.023 \left(\frac{(0.05588)(1.53)(3600)(995.7)}{2.59} \right)^{0.8} \left(\frac{(0.998)(2.927)}{0.528} \right)^{\frac{1}{4}}$$

∴ $h_1 = 3,140 \text{Kcal/m}^2 \cdot \text{hr} \cdot ^\circ\text{C}$

$$C = 1 + 3.54 \frac{d}{dc} \quad \begin{array}{l} d: \text{ pipe의 dia.} \\ dc: \text{ coil의 dia.} \end{array}$$

$$= 1 + 3.5 \left(\frac{0.05588}{1.76} \right) = 1.12$$

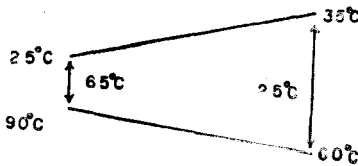
$$h'_1 = (3,140) (1.12) (0.8) = 3,014 \text{ (Kcal/m}^2 \cdot \text{hr} \cdot \text{°C)}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{U} &= \frac{1}{3,014} + \frac{1}{759} + \frac{0.0038}{13} + 0.0004 \\ &= 0.0003 + 0.0013 + 0.0003 + 0.0004 \\ &= 0.0023 \end{aligned}$$

$$U = 435 \text{ Kcal/m}^2 \cdot \text{hr} \cdot \text{°C}$$

coil로 냉각수를 통과시켜서 냉각할 경우

$$\begin{aligned} A &= \frac{Q}{U \Delta T_m} = \frac{133,200}{(435) (46.8)} \\ &= 6.5 \text{ m}^2 \end{aligned}$$



$$\Delta T_m = \frac{65 - 25}{2.3 \log \frac{65}{25}} = 46.8 \text{ (°C)}$$

② coil 내의 냉각수를 조내를 90°C에서 60°C로 냉각시키는데 소요시간을 구하면

$$\begin{array}{ll} W = 13,320 \text{ kg} & T_1 = 25 \text{ °C} \\ A = 4 \text{ m}^2 & U = 440 \text{ Kcal/m}^2 \cdot \text{hr} \cdot \text{°C} \\ C_p = 1 \text{ Kcal/kg} \cdot \text{°C} & t_1 = 90 \text{ °C} \\ M = 6,000 \text{ kg} & t_2 = 60 \text{ °C} \\ & C_p = 0.74 \text{ Kcal/kg} \cdot \text{°C} \end{array}$$

$$\ln \frac{T_1 - t_1}{T_1 - t_2} = \frac{WC_p'}{MC_p} \left(\frac{k-1}{k} \right) \cdot \theta \dots\dots\dots ⑥$$

$$\begin{aligned} k &= eUA/WC_p' \\ k &= e(435)6.5 / (13,320) (1) = e(0.212) \end{aligned}$$

$$\therefore k = 3.268$$

$$2.3 \log \frac{25 - 90}{25 - 60} = \frac{(13,320) (1)}{(6,000) (0.74)} \left(\frac{3.268 - 1}{3.268} \right) \cdot \theta$$

$$\therefore \theta = 0.7 \text{ hr}$$

(2) Jacket내에 냉각수를 통과시킬 때

① jacket 내벽과 냉각수와의 경막계수 h_1 을 jacob(1949)의 실험식에 의하여

$$Nu = 0.1293 \sqrt{\text{Gr} \cdot \text{Pr}} \dots\dots\dots ⑦$$

(단 난류역에서는 $\text{Gr} \cdot \text{Pr} > 10^8 \sim 10^9$)

$$t_w = 50 \text{ °C}, \Delta t = t_w - t_m = 50 - 30 \text{ (°C)}$$

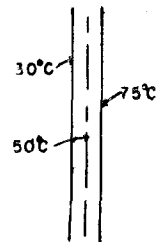
$$C_p = 0.9985 \text{ Kcal/kg} \cdot \text{°C}$$

$$\rho = 988 \text{ kg/m}^3$$

$$k = 0.551 \text{ Kcal/m} \cdot \text{hr} \cdot \text{°C}$$

$$\mu = 55.7 \times 10^{-6} \text{ kg/m} \cdot \text{sec}$$

$$\text{Pr} = \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right) = \frac{(0.9985) (55.7 \times 10^{-6}) (3,600)}{0.551} = 3.56$$



$$Gr = \frac{\rho \beta g (\Delta t) (H^3)}{\mu^2} = \frac{(988) (0.303 \times 10^{-3}) (9.8) (50-30) (2.2)^3}{(55.7 \times 10^{-5})^2}$$

$$= 1.97 \times 10^{12}$$

$$Pr \cdot Gr = (3.56)(1.97 \times 10^{12}) = 7.01 \times 10^{12} > 10^9$$

∴ 난류

$$Nu = 0.129^3 \sqrt{Pr \cdot Gr}$$

$$= 0.129^3 \sqrt{7,470}$$

$$h_1 = \frac{Nu \cdot k}{H} = \frac{(2,400)(0.551)}{(2.2)}$$

$$= 619 \text{ Kcal/hr. m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

② h_2 를 ④식과 같이 Perry(1950)식에 의해서 구하면

$$Nu = 0.37 \left(\frac{L^2 N \rho}{\mu} \right)^{0.87} \left(\frac{C_p \mu}{k} \right)^{\frac{1}{4}} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14} \dots \dots \dots \textcircled{7}$$

각 수치를 대입하면

$$\frac{h_2(2.2)}{0.476} = 0.37 \left(\frac{(2.2)^2}{3} \right)^{0.87} \left(\frac{50 \cdot 60(1,020)}{10.8} \right)^{0.87} \left(\frac{(0.74)(0.8)}{(0.47)} \right)^{\frac{1}{4}} \left(\frac{10.8}{10.4} \right)^{0.14}$$

$$\therefore h_2 = 586 \text{ Kcal/m}^2 \cdot \text{hr. } ^\circ\text{C}$$

③ Fouling factor 0.0004

④ Jacket 두께 6mm

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{619} + \frac{1}{586} + 0.0004 + \frac{0.006}{13}$$

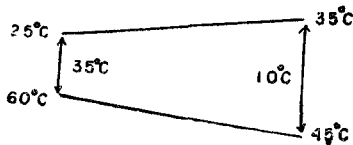
$$= 0.0016 + 0.0017 + 0.0004 + 0.00046$$

$$= 0.0042$$

$$\therefore U = 240 \text{ Kcal/m}^2 \cdot \text{hr. } ^\circ\text{C}$$

소요 전열 면적

$$A = \frac{Q}{U \cdot \Delta T_m} = \frac{(6,000)(0.74)(60-45)}{(270)(20)} = 12.3 \text{ (m}^2\text{)}$$



$$\Delta T_m = \frac{35-10}{2.3 \log \frac{35}{10}} = 20^\circ\text{C}$$

발효 공정

$$Q = (6000) (0.74) (50-45)$$

$$= 22,200 \text{ Kcal}$$

발효 중에 열손실을 계산하면

높이 2.2m $tw=40^\circ\text{C}$ 외온 20°C

$tw=40^\circ\text{C}$ 에 있어서 air의 물성치

$$\rho = 1.127 \text{ kg/m}^3 \quad to = 20^\circ\text{C}$$

$$k = 0.0233 \text{ Kcal/m} \quad B_o = 3.43 \times 10^{-3} / ^\circ\text{C}$$

B_o : 체평창을

$$\mu = 1.95 \times 10^{-5} \text{ kg/m. sec}$$

$$Pr = 0.711$$

Jacob(1949)식에 의해서

$$Gr = \rho^2 \beta_0 g (tw - t_0) H^3 / \mu^2$$

$$= (1.127)^2 (3.43 \times 10^{-3}) (9.8) (40 - 20) (2.2)^3 / (1.95 \times 10^{-6})^2$$

$$= 2.49 \times 10^{10}$$

$$Pr \cdot Gr = 0.711 \cdot 2.49 \times 10^{10} = 1.77 \times 10^{10} \quad \therefore \text{난류}$$

$$Nu = 0.129 \sqrt[3]{1.77 \times 10^{10}} = 337$$

$$h_1 = \frac{Nu \cdot k}{H} = \left(\frac{0.0233}{2.2} \right) (337) = 3.56$$

$$Q = hF\Delta T = (3.56)(19)(40 - 20) \quad F: \text{조의겉넓이}$$

$$= 1,352.8 \text{ (Kcal/hr)}$$

4시간 동안 발효시키므로 1,352.8 × 4 = 5,411 Kcal

구하는 전열 면적

$$\text{coil} \begin{cases} \text{가열시 필요한 전열면적 } 5.2\text{m}^2 \\ \text{냉각시 } \quad \quad \quad \quad \quad \quad 6.5\text{m}^2 \end{cases}$$

∴ 6.5m²가 필요하나 ± 25% 추가해서 7.5m² (6.5 × 1.4)로 정한다.

$$\text{jacket} \begin{cases} \text{가열시 필요한 전열면적 } 7.2\text{m}^2 \\ \text{냉각시 } \quad \quad \quad \quad \quad \quad 12.3\text{m}^2 \end{cases}$$

25%를 추가해서 17.2m²로 정함

따라서 조의 용량을 구하면

$$D = 2.2\text{m} \quad H = 3.3\text{m}$$

$$\textcircled{1} F = \frac{\pi}{4} (2.2)^2 + (2.2\pi) (2.2) \quad F: \text{jacket의 전열면적}$$

$$= 19(\text{m}^2)$$

$$\textcircled{2} V = \frac{\pi}{4} (2.2)^2 (3.3) = 12.6(\text{k}l)$$

③ 2" pipe를 사용할 때에 있어서

$$l = \frac{7.5}{(0.05588)\pi} \approx 40(\text{m})$$

$$n = \frac{40}{1.76\pi} = (8\text{권})$$

pich의 높이 85mm로 하면 (8-1) (85) ≈ 30cm.

Aiba(1966)에 의하여 교반기 소요마력을 구하면

$$P = \frac{NP \cdot \rho (N/60)^3 L^5}{g_c \cdot 75}$$

$$= \frac{(6) (1020) (50/60)^3 \left(\frac{2.2}{3} \right)^5}{(9.8) (75)}$$

$$= 2.0\text{HP}$$

NP: flat blade turbine의 계수: 6

위의 계산에 의해서 얻어진 수치를 기초로 발효조의 모양을 그리면 Fig. 3과 같다.

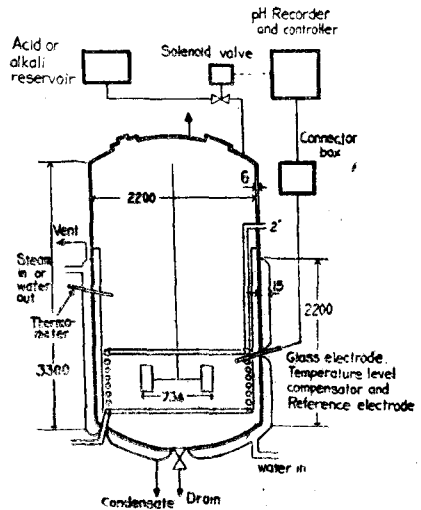


Fig. 3. Schematic diagram of the model fermenter.

고 찰

본 설계에서는 그 목적을 대량생산을 행할 때에 있어서 공학적인 연구에 두었다. 그러나 아직 해결되어야 할 일들이 많이 남아 있다.

어육을 액화시키고 난 후 생성된 쓴 맛의 원인 규명 및 그의 제거하는 방법이 연구되어야 할 것이다. 또한 앞으로 공업화될 경우, 여러 단위 조작을 거칠 경우, 유체의 형태, 점성등이 문제가 될 것이다.

어육 slurry를 균일한 non-newtonian fluid로 취급하고 본설계에 임하였으나 어육은 가열 냉각할 때에 응고, 침전 등이 일어남으로 유체로 보기에 어려운 점이 많다. 또한 교반, 전열에 미치는 영향도 클 것이다. 또한 어육의 온도와 가열시간에 따른 점도 변화도 열전달에 영향을 크게 미칠 것이다. 또한 non-newtonian fluid에 관하여 연구된 것은 그렇게 많지 않고 식품에 있어서는 더욱 그러하므로 이 부분의 연구가 기대된다.

결과 및 요약

본 발효조의 설계에서는 1일 어육 3ton을 처리할 수 있는 능력을 가진 장치를 설계하기 위한 기초자료로서 다음의 사실을 구하였다.

1. 최적 단백 액화 공정을 구함
2. 각 공정 중의 최적치
3. 발효 공정 중에서의 최적조건
4. 살균 공정 중에 소요 열량이 너무 커서 coil 측과 jacket 측으로 나누어 각 경우에 있어서 전열면적을 구하였다.
5. 발효조의 용량을 구하였다.

본 연구를 위해서 물심양면으로 지도하여 주신 서울공대 최웅 교수님, 대한종합식품 정병선 박사님, 본대학 이용호 박사님, 과학기술연구소의 배무 박사님 및 변유량 형께 심심한 감사사를 드립니다. 또한 본 연구를 위해 연구비를 주신 과학기술처 여러분에게 뜨거운 감사사를 드립니다.

참 고 문 헌

- Aiba, S. 1969. Heat transfer and evaporation in food industry. Korin Syoin, 36, 46.
- Aiba, S. 1969. Brewing engineering. Korin Syoin, 357.
- Beuk, T. T., A. L. Sanish, and P. A. Goeser. 1959. Method of tenderizing meat. U.S. Patent 2,903,362. [from Reed, G. and L. A. Underkofler. 1966. Enzyme in food processing, Academic Press. 365.]
- Charm, S. F. 1963. Fundamentals of food engineering. The Avi Publishing Company, Inc. Westport, Conn., 551, 552.
- Gasugai, A. 1965. J. Japan. Soc. Food and Nutrition. 17, 387—396.
- General Catalog 177. Koch Equipment Co.
- Haurowitz, F. 1950. Chemistry and biology of proteins. Academic Press, New York, 126.
- Higashi, H., S. Murayama, T. Onisih, S. Iseki, and T. Wanatabe. 1965. Studies on liquefied fish protein. Bull. Tokai Reg. Fish Res. Lab., 77—86.
- Higashi, H. 1966. Studies on Liquefied Fish Protein. Food Ind. Japan 13(1) 37—43.
- Iseki, S., T. Wanatabe and T. Kinumaki. 1968. Studies on liquefied fish protein-IV. Examination of processing conditions for industrial production. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., 59, 81—99.
- Jacob, M. 1949. heat transfer Bd. I, 529.
[from Revised Heat Transfer. Chem. Engineering Co. Japan, 302.]
- Marayama, Y. and T. Sujuki(1968). Post changes of horse mackerel muscle proteins. Bull. Jap. Soc.

- Sci. Fish., **34** (5), 415—419.
- Nussel, W. 1916. VDI, **60**, 541—569.
[from revised heat transfer. chap. 13, calculation chart of heat transfer.]
- Onishi, T. and H. Higashi. 1968. Studies on liquefied fish protein-III. Odor and peptide composition of liquefied fish protein. Bull. Tokai Reg. Fish Res. Lab., **55**, 225—235.
- Perry, J. H. 1950. Chemical Engineer's Hand Book 1950, 3rd. ed., McGraw—Hill, 417, 474.
- Reed, G. and L. A. Underkofler. 1966. Enzymes in food processing. Academic Press, 358.
- Sakurai, H., M. Saito, and H. Higashi. 1962. Food Industry Koseikaku, 537—541.
- Schultz, H.W. 1960. Food enzymes. The AVI Publishing Co. Inc., Westport, Connecticut, 85—96.
- Sen, D. P., N.V. Sripathy, N.L. Lahiry, and A. Sreeniva. 1962. I. Rate of hydrolysis of fish flesh with papain. Food Technol. **16**(5), 138—140.
- Shimizu, Y., Y. Hosokawa, and W. Smidu. 1962. Studies on ashi of kamaboko —XIII. Changes in viscosity of fish muscle sol during heating. Bull. Jap. Soc. Fish. **28**(6), 616—622.
- Sosebee, M. E., K. N. May, and J.J. Powers. 1964. The effect of enzyme addition on the quality of freeze dehydrated chicken meat. Food Technol. **18**, 551—564.
- Sripathy, N.V., S.B. Kadkol, D.P. Sen., M.S. Swaminathan and N.L. Lahiry 1962. Fish hydrolysates. III. Influence of degree of hydrolysis on nutritive value. Food Technol. **16**(5), 365—369.
- Sripathy, N.W., D.P. Sen, N.L. Lahiry, A. Sreenivasan, and V. Subrahmanyam. 1962. H. Standardization of digestion conditions for preparation of hydrolysates rich in pepton and proteose. Food Technol. **16**(5) 141—142.
- Ueda T., Y. Shimizu and W. Simidu, 1962. Studies on muscle of aquatic animals-XXXII. The intrinsic viscosity of fish-actomyosin. Bull. Jap. Soc. Fish., 1010—1014.
- Tomiyama, T. and T. Sugikera. 1951. Biochemical studies on the liquefaction of fish body. I. On the basic conditions for the liquefaction. Sci. Bull. Agr. Kyushu Univ. **13**, 297—305.
- Yanase, M. 1965. Studies on liquefied fish protein-II. Difference in tryptophan content in enzymatic hydrolysates of fish by different digestion methods. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab. **43**. 87—90.