

## 향류식 열교환기에 의하여 멸균된 된장의 미생물군 및 색도

†유 승 곤 · 김 인 호 · 김 중 생 · 최 성 현 · 오 만 진 · 김 용 국 · 이 인 기

‡충남대학교 화학공학과, <sup>1</sup>식품공학과, <sup>2</sup>(주)삼원식품

(접수 : 1998. 10. 19., 게재승인 : 1998. 12. 8.)

## Microflora and Color of Soybean Paste Sterilized by Counterflow Heat Exchanger

Scung Kon Ryu†, In Ho Kim, Jong Saeng Kim<sup>1</sup>, Seong Hyun Choi<sup>1</sup>, Man Jin Oh<sup>1</sup>,

Young Kuk Kim<sup>2</sup> and In Kee Lee<sup>2</sup>

Dept of Chemical Engineering, <sup>1</sup>Dept of Food Science & Technology,

Chungnam National University, Taejon, 305-764, Korea

<sup>2</sup>Sam-Won Soybean Paste Co., Yongmoon-dong, Seo-ku, Taejon, 302-220

(Received : 1998. 10. 19., Accepted : 1998. 12. 8.)

To develop a large scale countercurrent single pass heat exchanger for continuous transportation and sterilization of soybean paste, microflora and color value of sterilized soybean paste were examined at various sterile condition. Aerobes, anaerobes, molds, yeasts and lactic acid bacteria were  $5.1 \times 10^7$  CFU/g,  $7.1 \times 10^7$  CFU/g,  $2.6 \times 10^5$  CFU/g,  $4.3 \times 10^6$  CFU/g,  $1.3 \times 10^7$  CFU/g, respectively in raw soybean paste. In gold band ampoule test, aerobes and anaerobes of soybean paste were viable up to 90°C, but become unviable at 100°C. Molds decreased rapidly and yeasts decreased slowly from 70°C. Lactic acid bacteria were unviable at 60°C within 10 min. In color test, Hunter L, a. and b values of soybean paste were 50.2, +5.6, and +17.8, respectively. After heating in polyethylene film bag at 80°C, Hunter values were not so much changed and become 50.2, +4.7, and +19.7, respectively. The microflora and color of soybean paste sterilized in a large scale heat exchanger system resulted in very similar to those of gold band ampoule and polyethylene film bag by effective heat transfer.

Key Words : soybean paste, heat exchanger, sterilization

### 서 론

우리나라 전통 발효식품인 된장은 콩을 증자하여 자연발효시킨 메주를 소금물에 침지하여 일정기간동안 발효 숙성시켜 자가 제조하는 방식에 의해 전래되어 왔으나 근래 장류산업의 등장과 함께 새로운 제조방식이 도입되었고 공장에서 공급된 개량 된장은 전체의 25%를 차지하고 있어(1) 아직도 대다수의 국민이 장류를 자가제조에 의존하고 있음을 알 수 있다. 그러나 개량 된장의 수요량은 해마다 증가추세에 있다.

개량 된장의 주된 미생물은 *Aspergillus oryzae* 이며 효모, 젖산균, *Micrococcus sp.*, *Bacillus sp* 등이 소량 포함되어 있고 채래식 담금 된장은 식염의 농도가 높기 때문에 *Saccharomyces rouxii*, *Torulopsis sp.*, *Pichia sp.*, *Hansenula sp.* 등의 효모, *Pediococcus halophilus*, *P. acidilactici*, *Sireptococcus faecalis* 등의 젖산균과 같은 내염성균이 주종을 이룬다(2). 된장은 식염이 함유되어 있어 저장성이 우수하지만 가스 발

생균에 의해 부풀어 올라 저장 및 유통에 문제가 되고 있다. 이와 같은 변질을 방지하기 위하여 보존재료를 첨가하고 있으나 소비자들의 거부반응이 있어 최근에는 된장을 직접 가열 멸균하고 포장하는 방법으로 전환되고 있다. 그런데 된장은 고점도 페이스트 상이므로 열전달 계수가 작기 때문에 장시간 가열하지 않으면 안되며, 이에 따른 표면으로부터의 과잉가열에 의하여 가열취가 생기며 갈변 반응에 의한 변색 등으로 품질의 손상이 문제가 된다. 일반적으로 75°C에서 30분간 가열하는 멸균이 시행되고 있다. 이상적인 가열은 영양성분, 맛, 향기, 색 등의 변화를 최소로 줄이고 미생물들을 효율적으로 사멸시키는데 있다. 따라서 된장의 특성과 미생물의 종류에 따른 가열매체나 열교환기의 열전달계수나 가열시스템의 운전조건 등이 정확한 제시되어야 한다. 조 등(3)이 Ohmic heating에 의한 고추장의 멸균을 보고한 바 있으나 된장의 멸균에 관한 보고는 아직 없다.

본 연구에서는 1) 물을 살수하여 증자한 밀가루에 *Aspergillus oryzae*를 접종, 배양하여 국을 만들고 증자대두와 식염수를 가하여 숙성발효시켜 시료된장을 만들고, 2) gold band ampoule에 의하여 시료된장에서 발견된 몇가지 미생물에 대한 멸균조건을 구하고, 3) 자체 개발한 향류식 열교환기에 의하여 된장을 연속적으로 이송하면서 멸균할 때 처리조건에 대한 생균수, 된장의 색도 등을 측정하여 최적의 연속 멸균시스템을 제시하고자 하였다.

† Corresponding Author : Dept. of Chemical Engineering and Dept. of Food Science & Technology, Chungnam National University, Taejon, 305-764, Korea  
Tel : 042-821-5682, Fax : 042-822-8995  
e-mail : skryu@hanbat.chungnam.ac.kr

**재료 및 방법**

**된장의 제조**

본 실험에 사용한 된장은 1996년 2월 (주)삼원에서 제조된 것으로 그 제조공정은 다음과 같다. 즉, 물을 살수하여 증자한 밀가루에 *Asp. oryzae* 종곡을 접종하고 48시간 배양하여 코오지를 제조한다. 그리고 대두와 밀쌀을 정선하여 침지하고 대두, 밀쌀, 탈지대두를 증자시킨 후 코오지, 정제염, 정수를 혼합하여 탱크에 넣고 지하 발효탱크에서 30일간 발효, 숙성시킨다. 숙성이 완료된 사입물을 제성술에 옮기고 potassium sorbate와 mono sodium glutamate(MSG)를 첨가. 혼합하여 시료된장을 만든다. 시료된장의 배합비율은 소맥분 15%, 대두 22%, 밀쌀 10.5%, 탈지대두 3%, 정제염 10.5%, 종곡 0.06%, potassium sorbate 0.1%, MSG 0.5% 이다. 이 시료된장의 아미노산성 질소는 Formol적정법(4)으로 분석한 결과 291mg이었다, 식염은 AgNO<sub>3</sub> 적정법, pH는 pH meter로 측정된 결과 10.7 % 및 57 이었다.

**생균수 측정방법**

시료된장 및 살균된장 중의 미생물 생균수는 효모, 곰팡이, 일반세균, 혐기성 세균, 젖산균으로 나누어 측정하였으며 각 각을 최적배지를 이용해서 배양한 다음 계수하여 g당 CFU단위로 표시하였다 즉, 효모와 곰팡이는 시료를 생리식염수로 10<sup>6</sup>~10<sup>7</sup>배 정도로 희석하여 PDA(Difco) 고체배지에 0.1ml를 도말하여 30℃에서 48시간 배양한 후 생성된 colony를 육안으로 판별하여 계수하였고, 일반세균은 nutrient agar 배지에 접종, 도말하고 30℃에서 48시간 배양한 후 생성된 colony를 계수하였으며, 혐기성 세균은 Fluid Thioglycolate Medium (Merck, Germany)에 agar를 15% 첨가한 배지와 적당히 희석한 시료액 1ml을 schale에 혼합하여 고화시키고 다시 같은 배지로 증충하여 혐기 배양조 (gas pak) 안에 indicator를 넣어 혐기상태를 확인하면서 30℃에서 48시간 배양하여 생성된 colony로 계수하였다. 젖산생성균은 0.7% CaCO<sub>3</sub>가 함유된 lactobacilli MRS broth (Difco, lab.)에 2% agar를 넣은 배지를 살균 후 45℃로 조정된 후 시료희석액 1ml와 schale에 혼합하여 고화시킨 다음 같은 배지로 증충하여 30℃의 incubator에서 48시간 배양하여 투명한을 생성하는 colony을 젖산생성균으로 계수하였다.

**된장균의 멸균 및 D value 측정**

시료된장으로부터 분리한 균들을 종류별로 gold band ampoule (Wheaton Co.)에 1g씩 넣고 밀봉하여 60~100℃의 수조에 담고 가열온도와 시간을 달리하여 멸균한 후 각각의 생균수를 측정하고 D value(5-7)를 계산하였다. 이 때 D value는 각각의 온도에서 미생물군에 대한 가열전후의 생균수를 측정해서 시료 중의 미생물이 90%가 사멸하는 시간을 분으로 표시하였다.

**내열성 미생물의 분리 및 동정**

시료된장을 100℃에서 10분간 살균한 다음 Nutrient agar배지에 접종, 도말하여 30℃에서 48시간 배양한 후 생성된 colony를 육안으로 관찰하고 외관으로 형상이 다른 미생물 4종을 분리하여 API 50CH kit(bioMerieux, France)와 API 20E kit (bio-Mérieux, France)을 이용하여 동정하고 이 균을 멸균생리적 식

염수에 현탁하여 gold band ampoule에 넣고 내열성 검사를 실시하여 각 균의 D value를 측정하였다.

**열교환기에 의한 된장의 연속 멸균**

자체 제작한 된장의 연속 이송 및 멸균시스템의 개략도가 Figure 1과 같고, 열교환기의 구조도가 Figure 2와 같다. 즉, 호퍼에 투입된 생된장은 스크류 공급장치에 의하여 향류식 열교환기로 이송되며 보일러에서 공급되는 뜨거운 물이 열교환기를 순환하는 동안 가열되어 멸균상태가 된다. 미생물의 멸균은 가열 온도, 가열시간, 된장의 유량, 세균수, 수분 등에 의존하지만 여기에서는 가열온도와 가열시간 및 된장의 이송량 만을 변수로 하였다. 또한 열교환기는 승온기간, 멸균기간, 냉각기간의 3단계로 구성되는 것이 원칙이나 본 실험에서는 이송중 멸균효과를 측정하는 것이 목적이므로 열교환기의 외벽을 다시 전기적으로 가열하여 된장이 주입되는 순간부터 원하는 온도에 이르도록 하는 가열부분만 40m 길이로 시설하였고 냉각부분은 생략하였다. 열의 공급원인 뜨거운 물은 가열 항온조로부터 순환펌프에 의하여 공급되고 편류를 방지하기 위하여 4군데에 방해판을 설치하였으며, 된장은 열전달이 잘 되도록 여러개의 작은 관을 통하여 이송되는데 여기에서는 관의 직경을 달리하여 열전달 효과를 검토하였다. 이송관들의 전체 단면적은 열교환기 입구의 된장 투입부 단면적과 같으며 또한 투입부는 벤츨리 베테 모양으로 만들어서 압력강하가 발생하지 않도록 하였고, 배출부는 투입부보다 낮게 하여 이송에 있어서 중력의 도움을 받도록 하였다. 열교환기내 다소 큰 관에는 Figure 3과 같이 1m 간격으로 3군데에 열전대가 삽입되어 있어 된장의 투입온도(T<sub>ia</sub>)와 배출온도(T<sub>ib</sub>)는 물론 중간의 온도(T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>)를 측정할 수 있도록 하였고 가열밴드와 연계한 자동조절시스템으로 항온을 유지하도록 하였다. 된장의 이송량은 모노펌프의 회전속도는 물론 이송관의 온도에 따라 달라지며 여기에서는 펌프에 능력에 따라 0.47~3.17kg/min 범위에서 수행하였다. 멸균이 끝난 된장은 공기스크

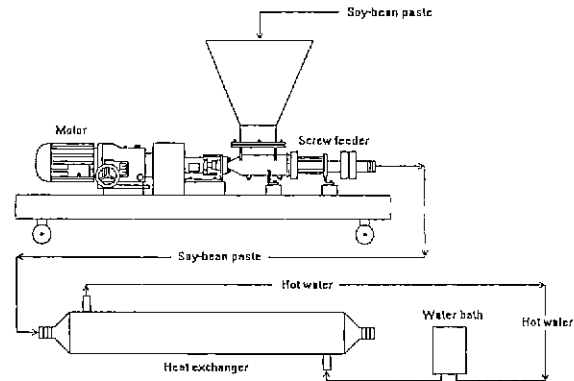


Figure 1. Schematic diagram of experimental apparatus

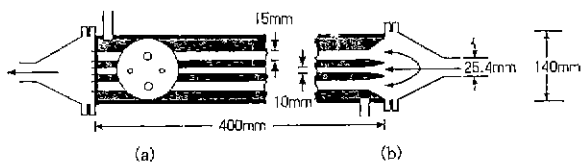


Figure 2. Schematic diagram of single pass counterflow heat exchanger. (a) cross section (b) entrance

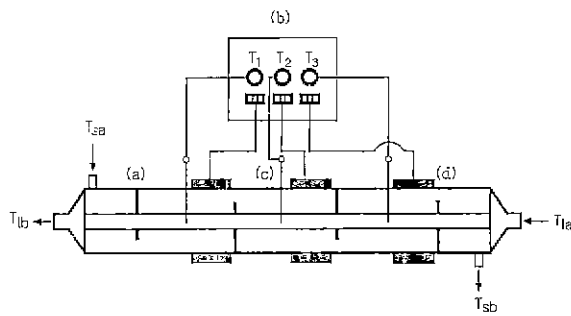


Figure 3 Temperature distribution of heat exchanger (a) baffle (b) temp. recorder and controller (c) thermocouple (d) heating band

린으로 조절된 배출부에서 무균적으로 채취하여 생균수와 색도를 측정하였다.

**색도 측정**

시료된장의 색도는 시료를 0.03mm polyethylene 팩에 넣고 여러 온도에서 시간별로 가열한 다음 즉시 냉각시킨 후 Color difference meter(Minolta, CR-300, Japan)로 색도를 수회 측정하고 평균한 값을 Hunter value(8)로 표시하였다.

**결과 및 고찰**

**시료된장의 미생물 분포**

메주 또는 고추장의 숙성에 관여하는 미생물로는 이(9), 허(10), 최(11) 등의 연구가 있으나 공장에서 생산되는 개량 된장 내에 존재하는 미생물에 관한 연구는 거의 없다. 본 실험을 위하여 1개월동안 발효·숙성하여 제조된 시료된장의 미생물 분포는 Table 1과 같으며 *Asp oryzae*를 접종하여 koji를 만들어 담금하였으나 제조과정이나 숙성과정에서 재래식과 마찬가지로 개방된 상태였기 때문에 잡균의 오염으로 여러 종류의 미생물군이 검출되었다. 혐기성 세균이 많이 존재하는 것은 숙성과정중 혐기적 상태가 지속되었기 때문으로 판단된다.

Table 1. Microflora of soybean paste fermented for 1 month. (CFU/g)

Aerobes	Anaerobes	Yeast	Lactic acid bacteria	mould
$3.2-7.1 \times 10^7$	$6.2-8.0 \times 10^6$	$3.5-5.1 \times 10^6$	$1.3 \times 10^7$	$2.2-3.0 \times 10^5$

**살균된장의 미생물군 변화**

일반적으로 장류공장에서는 75°C에서 30분간 살균을 하고 포장한다. 그러므로 장류공장에서와 같은 조건으로 시료된장을 가열살균하고 잔류하는 미생물을 측정된 결과가 Table 2와 같다. 표로부터 젯산균은 내열성이 가장 약하고 효모, 곰팡이 순으로 약하며, 호기성 및 혐기성 세균은 잘 사멸되지 않음으로서 내열성 포자생성균임을 알 수 있다. 특히 된장의 저장 및 유통과정 중에 발생할 수 있는 부패의 원인이 되는 효모류가 아직도 완전히 사멸되고 있지 않다. 미생물은 단 한 마리라도 생존하면 곧 증식이 일어나므로 효모 및 세균의 효과적 사멸을 위하여는

Table 2. Microflora of soybean paste sterilized at 75°C for 30 minutes. (CFU/g)

Aerobes	Anaerobes	Yeast	Lactic acid bacteria	mould
$3.8 \times 10^7$	$2.3 \times 10^7$	$3.5 \times 10^3$	0	$1 \times 10^3$

새로운 멸균조건이 제시될 필요가 있다

그리하여, 시료된장 중에 존재하는 미생물의 종류별 멸균조건을 검토하였다. 즉, 시료된장에서 채취하여 배양한 미생물을 종류별로 gold band ampoule에 넣고 입구를 막은 후 70~100°C의 뜨거운 물이 들어 있는 용기에 일정시간 동안 넣었다가 갑자기 찬물이 담겨있는 용기로 옮긴 후 생존균수를 측정한다. Figure 4 ~ Figure 8에 생존균수를 측정된 결과를 도시하였다. 그림들로부터 일반세균은 70°C~90°C에서는 생존에 영향을 받지 않았으나 100°C에서는 사멸되기 시작하여 40분 후에 1/100 정도로 감소되었다. 이 중 다수를 점유하는 *B. subtilis*는 非耐熱성의 호기성균이므로 된장의 내부에서는 증식을 하지 않고 포자의 형태로서 생존하고 있기 때문에 평판배양을 행하면 생존균으로서 계측되지만 된장의 숙성에는 영향을 미치지 않는 것으로 알려져 있다(12). 혐기성 세균은 70°C~90°C에서 50분간 살균으로 큰 변화가 없었으나 100°C에서 10분 후에 1/10000 정도로 감소되었으며 20분만에 완전히 사멸되었다. 곰팡이는 70°C에서

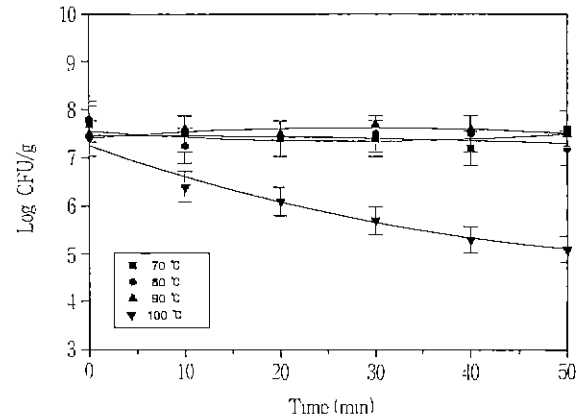


Figure 4. Survival curves of total aerobes in soybean paste during sterilization at various temperature.

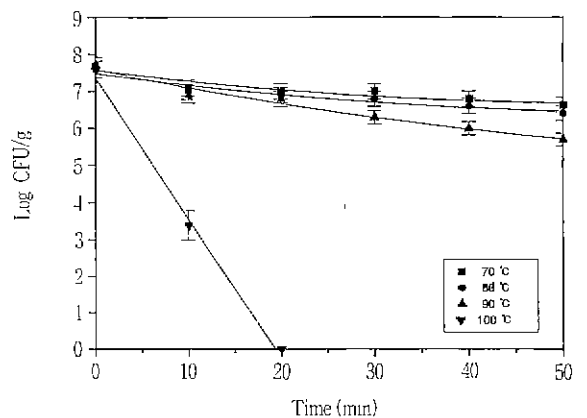


Figure 5. Survival curves of anaerobes in soybean paste during sterilization at various temperature.

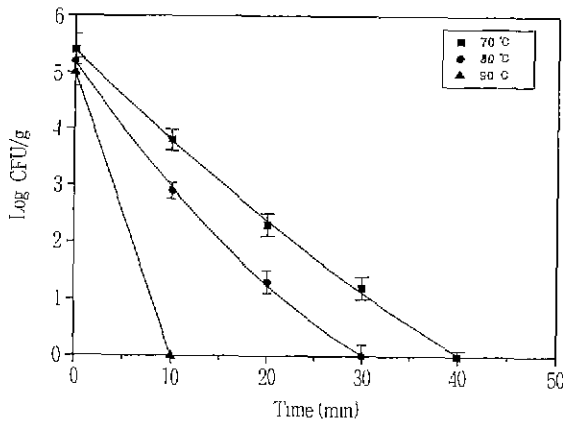


Figure 6. Survival curves of molds in soybean paste during sterilization at various temperature.

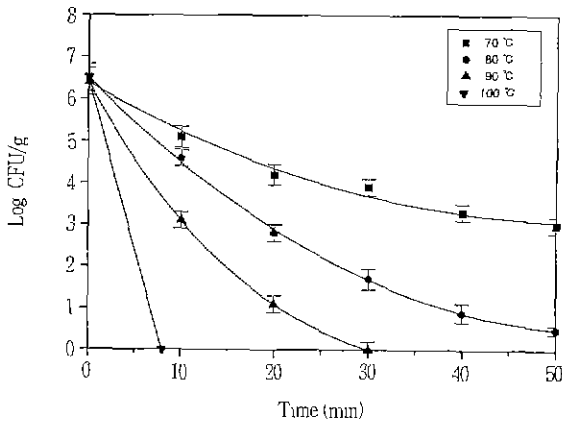


Figure 7. Survival curves of yeasts in soybean paste during sterilization at various temperature.

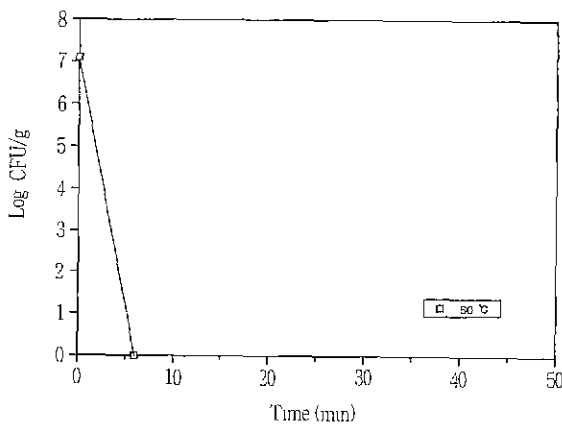


Figure 8. Survival curves of lactic acid bacteria in soybean paste during sterilization at 60°C.

는 40분, 80°C에서는 30분, 90°C에서는 10분만에 전부 사멸되었으며, 효모는 100°C에서 10분 살균으로 완전히 사멸하였으나 70~90°C에서는 완만한 감소를 보였다. 젖산균은 60°C에서 10분 이내에 전부 사멸된 것으로 나타났다.

내열성균의 동정 및 D value의 측정

시료원장을 90°C에서 각각 30분간 살균한 후 외관상 다른 형

태를 가지는 호기성균 4균주 (B-1, B-2, B-3, B-4)를 순수분리하여 100°C에서 가열시간에 따른 생존수를 측정한 결과가 Figure 9와 같았다. 균주 B-1과 B-4의 최초균수는 10<sup>7</sup> CFU/g 정도이었으나 100°C 살균 40분 후에는 약 10<sup>3</sup> CFU/g 정도로 줄어들었으며 D Value가 15분 정도로서 열에 대한 내성이 강한 특징이 있다. 균주 B-2와 B-3는 10분 살균시 전부 사멸되어 내열성이 약했다. 균주 B-1, B-2, B-3 및 B-4의 D value는 각각 15분, 3분, 3분 및 15분이었다. 이들은 간균, 그람 양성균으로 포자를 형성하고 내열성으로 초산염을 환원하여 아초산염과 암모니아를 생성하는 점으로 보아 *Bacillus* sp.로 동정되었다. 구등(13-14)은 양송이에서 분리한 호기성 증온균인 A-15, A-37 및 A-47의 D<sub>100°C</sub>는 각각 5.3, 2.25 및 7.2분이었으며 양송이 통조림 부패에 관여하는 혐기성 증온균인 D-29, PA 3679 및 CI-5의 D<sub>101.5°C</sub>는 각각 5.8, 121 및 10.5분이었다고 하였다. 시료원장내 B-1, B-4 호기성균이 양송이에서 분리한 호기성균과 유사한 내열성 포자 생성균임을 알 수 있었다

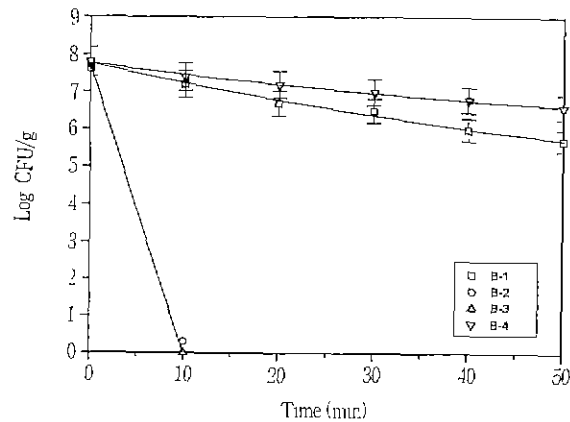


Figure 9. Survival curves of B-1, B-2, B-3, B-4 strains during sterilization at 100°C.

열교환기에 의한 원장의 연속 멸균

Figure 2와 같은 단일 향류식 열교환기의 가열매체와 통과매체의 온도분포는 잘 알려져 있다(15). 그러나 이 실험에서는 가열부에서의 멸균효과를 측정하기 위해서 이송관의 직경을 줄이고 Figure 3과 같이 가열밴드를 부착하여 온도를 조절하였으므로 원장은 진입후 0.5m 이전에 가열온도에 도달하였다. Table 3에는 이 멸균 열교환기를 통과하는 유량이 각각 다른 원장의 입구와 출구의 온도에 의한 온도차와 열량을 정리하였다. 총괄 열전달계수 U<sub>o</sub>는 식 (1)에 의하여 전달된 열량 Q를 구하고 (2)식을 이용하여 얻을 수 있다.

Table 3. Heat transfer data of soybean paste in single pass counterflow heat exchanger.

Variables	Raw data				Calculated data			
	T <sub>3a</sub> (°C)	T <sub>3b</sub> (°C)	T <sub>3c</sub> (°C)	T <sub>3d</sub> (°C)	ΔT <sub>1</sub>	ΔT <sub>2</sub>	ΔT <sub>L</sub>	Q (kcal/min)
Flow rate (g/min)								
520	83	20	82	80	62	3	19.4	22.28
1924	84	20	82	80	62	4	21.2	34.56
3170	84	20	82	80	62	5	22.6	35.17

$$Q = C_p m (T_{ib} - T_{ob}) \quad (1)$$

$$Q = AU_o \Delta T_L \quad (2)$$

여기에서,  $C_p$ 는 된장의 열용량으로서 문헌(16)에 의한 값 0.65 cal/g·°C를 이용하였고,  $A$ 는 열전달 표면적으로서 표면적이 0.157m<sup>2</sup>인 작은관 2개와 표면적이 0.2135m<sup>2</sup>인 약간 큰 관 2개의 합 0.741m<sup>2</sup>이며,  $\Delta T_L$ 은 향류식 열교환기의 입구 및 출구측 온도차  $\Delta T_1$ ,  $\Delta T_2$ 의 로그 평균값이다. 가열매체인 뜨거운 물은 83°C, 84°C로 들어오고 82°C로 배출되어 열전달이 있었으면서도 일정한 온도를 유지하고 있다. 전달에 의하여 빼앗긴 열은 가열벤드로부터 보충받았기 때문이다. 된장의 온도는 20°C로 들어와서는 곧 80°C, 79°C로 상승하고 배출시까지 유지되었다. 한편, 유량이 달라짐에 따라 체류시간이 달라진다. Table 4에서와 같이 공급된 된장의 유량이 520, 1924, 3170 g/min의 경우는 체류시간이 각각 5.9, 1.6, 0.97mm이었다. 이와 같은 체류시간은 최적체류시간 20분에는 많이 부족하였다. 그러나 가열부분을 길게하고 승온부분 및 냉각부분을 연결하면 체류시간을 충분히 늘릴 수 있으므로 공업화에는 문제가 없다. (2)식으로부터 구한 총괄 열전달계수는 상기 된장의 이송량에 따라 각각 0.85, 2.86, 및  $4.43 \times 10^{-5}$  cal/h.m<sup>2</sup>·°C 이었으며, 된장이 통과하는 관의 내경을 기준으로 하는 개별 열전달계수  $h_i$ 는 Graetz number와 Nusselt number를 이용하여 구한 결과 약  $18 \sim 3.25 \times 10^{-5}$  cal/h.m<sup>2</sup>·°C 이었고, 외경을 기준으로 하는  $h_o$ 는  $U_o$ 와  $h_i$  그리고 관벽의 열전달저항 상호관계로부터 구한 결과 약  $1.1 \sim 0.43 \times 10^{-5}$  cal/h.m<sup>2</sup>·°C 이었다. 이러한 자료들은 열교환기를 설계하는데 있어서 매우 중요하다.

한편, 비록 짧은 체류시간이었지만 앞의 연속 이송 및 멸균 열교환기로 80°C에서 5.9분 살균된 된장의 미생물 생균수를 측정하였으며 멸균전에 멸균장치에 호퍼로 들어가는 된장에서 채취한 미생물의 수를 측정하여 Table 5에 함께 제시하였다. 멸균전의 미생물수는 Table 1과 약간 다르다. 이는 측정시마다 미생물의 생육이 다르기 때문이다. 멸균장치에 의한 살균효과를 Figure 4 ~ Figure 8의 결과와 비교하면 다음과 같다. 즉, 표로부터 Aerobes와 Anaerobes는 이전의 실험실적 측정에서와 마찬가지로 80°C에서의 살균에 의하여 거의 변화하지 않았고, yeasts와 molds는 1/100 이하로 감소하였으며, 젖산균은 완전히 멸균되었기 때문에 생균을 찾을 수 없었다. 이러한 결과는 Figure 4 ~ Figure 8의 각 균들에 대한 80°C에서 6분간의 살균결과와 유사하였다. 이것은 본 실험을 위하여 제작된 멸균시스템이 효과적인 멸균을 수행하고 있음을 뜻하며 장치의 길이를 확대하여 승온부분과 멸균부분 및 냉각부분에서의 체류시간을 20~25분 정도로 늘리면 원하는 바의 멸균효과를 얻게됨을 알 수 있다.

Table 4 Residence time of soybean phase in heat exchanger at 80°C.

Mass flow rate (g/min)	Residence time (min)
153	20.0
520	5.9
1924	1.6
3170	0.97

Table 5 Microflora of soybean paste sterilized at 80°C for 5.9min. (CFU/g)

Microflora	before sterilization	after sterilization
Aerobes	$5.1 \times 10^7$	$4.4 \times 10^7$
Anaerobes	$7.1 \times 10^7$	$3.3 \times 10^7$
Moulds	$2.6 \times 10^5$	$2.2 \times 10^3$
Yeasts	$4.3 \times 10^6$	$6.5 \times 10^3$
Lactic acid bacteria	$1.3 \times 10^7$	0

#### 색도측정

된장의 색도에 관한 연구는 김 등(12)의 *Asp. oryzae*를 이용한 대두 발효식품의 색상개량에 관한 연구와 주 등(17)의 된장 갈변억제에 관한 연구 및 박 등(18)의 tyrosine 산화세균에 관한 연구 등이 있으나, 가열에 의한 된장의 색도변화에 관한 연구는 찾아볼 수 없다.

시료된장을 polyethylene film 포장에 넣어 60~100°C에서 가열 처리한 후 색도의 변화를 측정한 결과가 Table 6과 같다. 80°C까지 가열된 된장에서는 색도의 변화가 거의 없었다. 색도를 나타내는 Hunter L값은 100°C에서 30분 가열하면 가열전의 50.2에서 39.3로 감소되어 어두워졌으며 90°C에서 50분 가열하면 49.8로 비교적 변화가 적었다. Hunter a값은 90°C에서 30분 가열하면 +5.6에서 +6.3으로 증가하여 적색이 짙어졌으며 Hunter b값은 100°C에서 30분 가열하면 +17.8에서 +14.7로 감소되어 청색이 증가되었다. 색도의 변화없이 살균을 하기 위하여 80°C가 효과적이지만 90°C에서도 색도변화는 비교적 적었다. 반면, 100°C에서는 된장의 색이 짙어지는 것을 알 수 있었다. 색도가 양호한 시판된장의 Hunter L, a, b값은 각각 31.6, +17.2, +19.6 이었다.

연속 이송 및 멸균시스템에 의하여 살균된 시료된장의 색도변화를 살펴보면 Table 7과 같다. 즉, 시료된장의 Hunter L값은 47.0 이었으며 80°C에서 5.9분 가열처리된 된장은 46.5 정도를 나타내었다. 가열에 의하여 밝기의 정도가 별로 변하지 않았음을 나타내고 있다. Hunter a 값은 대조구에 비하여 약간 증가하여서

Table 6. Hunter L, a, b values of soybean paste sterilized at various temperature.

Heating Temperature(°C)	Heating Time (min)	Hunter value		
		L	a	b
60	30	51.2	+5.6	+19.2
	50	52.6	+5.3	+19.9
70	30	50.1	+4.6	+17.5
	50	51.2	+5.0	+19.7
80	30	50.2	+4.7	+19.2
	50	50.2	+5.6	+19.7
90	30	49.1	+6.3	+19.1
	50	49.8	+6.5	+18.3
100	30	39.3	+9.8	+14.7
	50	36.9	+9.5	+14.0
Not heated		50.2	+5.6	+17.8

Table 7 Hunter L, a, b values of soybean paste sterilized at 80°C for 5.9min. in single pass countercurrent heat exchanger.

Heating Temperature(°C)	Heating Time (min.)	Hunter value		
		L	a	b
80	5.9	46.5	+5.5	+15.4
Not heated		47.0	+5.0	+16.0

가열에 의하여 된장이 약간 붉은 색을 나타내고 있음을 보여주었다. Hunter b 값은 16.0이었던 것이 가열에 의하여 15.5로 감소하여 된장 고유의 색상인 누전 빛깔이 감소하였다. 이러한 결과는 열전달이 진행되고 있는 관의 직경이 너무 작아서 관벽과 접촉하고 있는 된장의 양이 가열되고 있는 전체 된장의 양과 큰 차이가 없기 때문에 나타난 현상이고 좀 더 장치를 크게하여 된장의 처리량이 증가하면 색도의 변화는 무시할 수 있게 된다. 이전의 실험실적 결과에서도 80°C에서 20분의 체류는 된장의 색도를 크게 변화시키지 않았다. 그러므로 본 멸균시스템에 의하여 된장을 효과적으로 이송하면서 멸균을 수행할 수 있게 되었다.

요 약

합리적인 된장의 멸균조건을 확립하기 위하여 개량식 된장을 제조하고 실험실적으로 여러 온도에서 가열처리한 후 된장의 생존 미생물군과 색도변화를 측정하였고, 시간당 190kg을 처리할 수 있는 연속 이송 및 멸균장치를 제작하여 시험 운전하고 역시 생존 미생물군과 색도를 측정된 결과 다음과 같은 결론을 얻게 되었다

(1) 살균전 된장의 미생물 분포는 평균 호기성세균  $5.1 \times 10^7$  CFU/g, 혐기성 세균  $7.1 \times 10^7$  CFU/g, 곰팡이  $2.6 \times 10^5$  CFU/g, 효모  $4.3 \times 10^6$  CFU/g, 젖산균  $1.3 \times 10^7$  CFU/g 이었고, 일반공장 살균온도인 75°C에서 30분간 살균하면 호기성세균  $3.8 \times 10^7$  CFU/g, 혐기성 세균  $2.3 \times 10^7$  CFU/g, 곰팡이  $1 \times 10^5$  CFU/g, 효모  $3.5 \times 10^3$  CFU/g 이었으며 젖산균은 완전히 사멸되었다.

(2) 된장을 gold band ampoule에 넣고 여러 온도에서 시간을 달리하여 멸균을 실시한 결과 호기성 및 혐기성세균은 60°C~90°C에서 50분 살균으로 생존수의 변화가 거의 없었으므로 포자성 내열균임을 알 수 있었다. 그러나 호기성 세균은 100°C에서 40분 살균하면 약 1/100로 감소되었고 혐기성 세균은 100°C에서 20분 살균하면 완전히 사멸되었다. 곰팡이는 80°C에서 30분 가열하면 모두 사멸하였다. 젖산균은 60°C에서 10분 이내에 완전히 사멸되었다. 된장의 유통과정에서 부패음의 가장 큰 원인이 되는 효모는 100°C에서는 10분 이내에 모두 사멸되었으나 80°C, 20분의 살균에서는 약 1/10000로 감소하고 아직까지  $10^2$  CFU/g가 생존하였다. 그러므로 색도가 변하지 않는 범위에서 살균온도를 다소 높이거나 멸균시간을 연장할 필요가 있다.

(3) 시료된장의 Hunter L, a, b값은 50.2, +5.6, +17.8이었고 polyethylene film 포장내에서 80°C, 30분 살균한 된장의 Hunter L, a, b값은 50.2, +4.7 및 +19.7 으로서 살균에 의한 색도의 변화가 적었다.

(4) 규모를 확대한 연속 이송 및 멸균장치에 의한 80°C에서의 시료된장의 멸균에 의한 생존균 규모는 체류시간 범위에서 실험

실적 측정방법인 gold band ampoule에서의 결과와 유사한 추세를 보였고 색도에서도 변화가 적었기 때문에 멸균 열교환기가 효과적으로 열전달되었다고 판단되고 이 멸균시스템을 더욱 확대하여 대용량의 연속 멸균시스템을 개발할 수 있게 되었다.

감 사

이 논문은 1996년도 중소기업청이 주관하는 산연학지역전소사업 연구개발사업으로 (주)삼원식품과 함께 수행하였으며 관계기관에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 김동현 (1995), 장류제품의 현황 및 전망, 식품기술 8, p. 36.
2. 佐藤信 (1984), 食品の 熟成, 光琳 p. 255-263.
3. 조원일, 김도연, 김영숙, 변유량 (1994), 된장 및 고추장의 Ohmic heating 특성. 한국식품과학회지, 26, 791-798..
4. 한국식품공업협회, 1994, 食品公典 p. 477.
5. 鄭東孝 (1990), 食品 殺菌論, 大光書林 20, p. 123.
6. Pang, K. A., P. A. Carroad, and A. W. Wilson (1983), Effect of Culture pH on D value, Cell Growth and Sporulation Rates of P.A 3679 Spores Produced in an Anaerobic Fermentor. J of Food Science, 48, 467-470.
7. Stumbo, C. R. (1985), Thermobacteriology in Food Processing, Academic press, New York.
8. Hunter. R. S. (1975), The Measurement of Appearance, John Wiley and Sons, New York.
9. 이계호, 이표숙, 박성오 (1976), 재래식 고추장숙성에 미치는 미생물 및 효소에 관한 연구. 한국식품과학회지, 19, 82-91.
10. 허성호, 하덕모 (1991), 재래식 메주중의 산생성균의 분포. 한국식품과학회지, 34, 130-133
11. 최성현, 이미현, 이석진, 오만진 (1995), 재래식 메주의 미생물군, 효소역가 및 유용균주의 분리. 충남대학교 농업과학연구, 22,
12. 김상순, 김순경, 유명기, 최홍식 (1986), Aspergillus oryzae 를 이용한 대두발효식품의 색상에 관한 연구. 한국산업미생물학회지, 11, 67-74.
13. 구영조, 신동화, 김정옥, 민병용 (1978), 가공식품의 내열성 부패균 분포조사연구 제 1보 지역별 아포 형성균 조사. 한국식품과학회지, 10, 224-230.
14. 구영조, 민병용, 유태종 (1979), 가공식품의 내열성 부패균 분포조사연구. 제 2보 내열성 부패균 최적 살균 조건 시험 한국식품과학회지, 11, 153-156.
15. McCabe, W. L., J. C. Smith and P. Harriott (1993), Unit Operation of Chemical Engineering, McGraw-Hill, p. 310.
16. Hallstrom, H., C. Skjöldebrand and C. Trägårdh (1988), Heat Transfer and Food Products, Elsevier Applied Science.
17. 주현규, 김남대 (1996), 된장갈변억제에 관한 연구. J. Food Sci Technol., 1, 29-40.
18. Park, S. K. and K.H. Kyung (1986), Pigment-forming Bacteria in the Presence of L-tyrosine and Their Possible Role in the Browning of Fermented Soybean Products, Korean J. Food Sci., 18. 376-381