

## 열수식 살균기의 온도 분포에 관한 연구

정명수 · 안태희 · 이용갑 · 유무영  
오투기식품 중앙연구소

### Temperature Distribution in Water Cascading Horizontal Retort

Myong-Soo Chung, Tae-Hoe Ahn, Yong-Gab Lee and Moo-Young Yoo

Research Center, Ottogi Foods Co., Ltd.

#### Abstract

Temperature distribution tests for a water cascading horizontal retort utilizing superheated water with overpressure as a heating medium were carried out under three different loading conditions, that is, empty(P-0), half-fully(P-3000) and fully(P-6000) loaded operating conditions. Tank volume and full loading capacity of sterilizer used for this study were about 5,900 liter and 1,140 kg(6000 pouches having 190 g weight each), respectively. Set point condition for sterilization was 122°C, 23 minutes and pressure was maintained in the range of 1.8~2.0 kg/cm<sup>2</sup> during sterilization. For each experiment, time-temperature data and F values were obtained from temperature microprocessor(F<sub>0</sub> monitor). There were significant variations in the temperature distribution at different positions in the sterilizer. The temperature distribution was also affected by the pouch loading condition significantly. The application of the temperature distribution test to a product (retort pouched curry sauce) was conducted at the fully(P-6000) loading condition. Although heat transfer parameters( $f_h$  and  $f_c$ ), and F values were varied with the position of sterilizer, sensory evaluation showed that the temperature distribution of the sterilizer used in this study didn't affect the quality of retorted curry sauce.

Key words: temperature distribution, water cascading horizontal retort

## 서 론

레토르트 식품을 제조하는데 사용되는 살균기의 종류에는 제품을 살균하고 이송시키는 방법에 따라 연속식과 Batch식이 있다. 그중 국내에서 일반적으로 사용되는 Batch식 살균 방식은 살균 매체의 종류에 따라 다시 스팀식과 열수식으로 나뉘는데 스팀식은 열매체로서 스팀과 공기의 혼합물을 사용하는 방법으로 스팀과 공기의 양을 조절하여 설정 온도에 따라 일정한 온도와 압력을 유지시켜 살균을 행하는 반면, 열수식은 스팀에 의해 가열된 열수에 설정 살균 온도에 따라 일정한 양의 공기로 압력을 가하여 이를 열매체로 사용함으로써 살균을 행하는 방법이다.

살균기의 효율은 주로 살균기 내부의 온도가 위치에 관계없이 얼마나 일정하게 유지되기에 의하여 결정되는데 미국의 NFPA(National Food Processor's Association)<sup>(1)</sup>와 IFTPS(Institute for Thermal Processing Specialists)<sup>(2)</sup>는 적절한 살균을 수행하기 위해서는 Retort Come-Up-Time(CUT)이 끝나고 1분 후에는 살균기내의

온도 range(온도가 가장 높은 부분과 가장 낮은 부분과의 온도차)가 1.7°C 이하일 것을 권장하고 있다. 그들은 또한 새로운 살균기의 사용이나 살균기의 개조를 고려할때는 살균 식품의 안정성과 제품 품질의 제어를 위하여 제품이 완전히 적재된 상태에서 살균기의 온도 분포를 확인할 수 있는 시험을 행할 것을 권고하고 있다. Pflug와 Borrero<sup>(2)</sup>는 레토르트 파우치 식품 개발 연구의 시초라 말할 수 있는 Natick 기술 보고서를 통하여 살균기의 온도 분포는 주로 살균기 제어 system의 감도, 에너지 공급 방식, 살균 매체의 흐름 방향과 속도 및 살균기내 제품의 적재 방식 등에 의존한다는 연구 결과를 발표하였다. Ramaswamy<sup>(3)</sup>는 2종류의 소형 스팀식 살균기를 대상으로 스팀의 비율, 살균 온도, 열전달 매체의 흐름 속도와 방향 및 살균하고자하는 제품의 적재 방법 등이 열전달 계수에 미치는 영향을 연구하였다.

Adams와 Hardt-English<sup>(4)</sup>는 열수식 살균의 원리, 살균의 효율에 영향을 미치는 인자 및 살균기 온도 분포에 관련된 시험 방법 등에 관해 논의하였고, Tung 등<sup>(5)</sup>은 스팀식 살균 방법의 원리와 살균 매체를 균일한 혼합 상태로 유지시키는 방법 등을 제시하였으며 Kimball과 Heyliger<sup>(6)</sup>는 여러가지 형태의 스팀식 살균기에 대하여 살균중 온도를 균일하게 유지시키는 방법을 살균기 형태별로 요약하였다. Campbell과 Ramaswamy<sup>(7)</sup>는 적재

Corresponding author: Myong-Soo Chung, Research Center, Ottogi Foods Co., Ltd., 166-4 Pyeongchon-dong, Anyang, Kyeonggi-do 430-070, Korea

용량 0.65 m<sup>2</sup> 정도의 소형 살균기에 대한 온도 분포, 위치에 따른 살균 경향 등을 폭넓게 연구하였다. 살균기내 온도 균일성의 중요성은 살균기의 온도가 제품의 살균도에 미치는 영향을 고려해 보면 더욱더 명백해 지는데 Berry<sup>6)</sup>는 살균기의 온도 편차가 ±0.5°C일 때 121°C 살균의 경우, 14%까지 살균도가 차이날 수 있다고 보고하였다.

본 연구에서는 제품의 최대 적재 용량이 1톤 정도인 대형 열수식 살균기에 대한 위치별 온도 분포, 제품의 적재량에 따라 열전달 속도 및 온도 분포가 변화되는 경향을 분석하였으며, 위치에 따른 온도 분포가 제품의 살균도에 미치는 영향도 알아보았다.

**재료 및 방법**

**살균기에 관한 사항**

시험에 사용된 살균기는 (주)우성에서 제작된 것으로서 Fig. 1에 도시된 바와 같이 두개의 Tank가 수평으로 아래위로 놓여 있는데 윗쪽의 Tank(온수조)는 열수를 저장하는 곳으로서 살균이 시작되기 전에 이곳에서 먼저 물이 설정 살균 온도보다 3~5°C 가량 낮은 온도로 가압 가열된다. 온수조에서 가열된 열수는 아랫쪽 살균 Tank

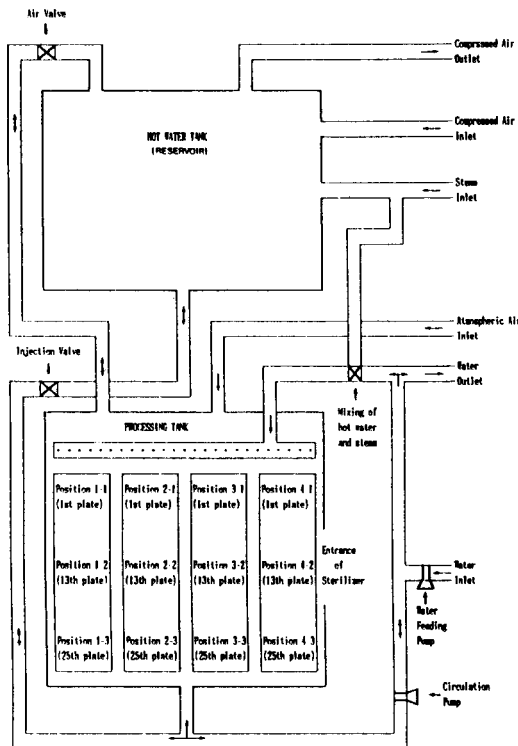
(처리조)의 윗부분에 설치된 직경 15 cm, 길이 4 m의 파이프에 뚫어져 있는 각각의 지름이 2 mm 정도인 1,100 개 가량의 구멍을 통하여 처리조로 분사되며 온수조에 있는 열수가 처리조로 모두 분사된 후에는 그 물이 다시 자체 순환되면서, 일정한 온도로 유지되기 위하여 적당한 양의 공기와 스팀이 순환되는 열수와 혼합, 주입되는 방식으로 작동된다. 살균 시간이 끝나면 급수 펌프에 의해 처리조의 아랫부분으로부터 냉각수가 연속적으로 들어와서 열수와 섞이게 되며 이 혼합된 물은 다시 순환 펌프에 의해 자체 순환되면서 온수조로 올라가며 냉각이 이루어진다.

살균기의 크기와 용량, 순환 펌프와 급수 펌프의 제원 및 최대 적재 용량 등은 Table 1과 같다. 제품을 적재 하는데 사용된 살균판의 크기는 93×80 cm이고 각 살균판에는 직경 2 cm 정도의 구멍이 800개 가량 뚫어져 있고 각각의 살균판에는 최대 60개의 파우치를 올릴수 있다. 한개의 대차에는 25개의 살균판이 올려지며 제품이 적재된 4개의 대차가 살균기에 투입되어 살균이 행해진다.

**살균기 위치별 온도 및 살균도의 측정**

한개의 파우치에 190 g씩의 정제수를 충전, 밀봉하여 살균 sample로 사용하였다. 설정 살균 조건은 122°C, 23 분이었으며 살균중 압력은 1.8~2.0 kg/cm<sup>2</sup>로 유지되었다. 1회 살균시 투입되는 파우치의 개수는 0, 3000개 및 6000개로 달리하여 살균 시험을 행하였다. 살균판만 투입한 경우는 P-0로 표시하였고 1개의 살균판 위에 30 개씩 모두 3000개(30×25×4)의 파우치를 투입한 경우에는 P-3000으로 표시하였으며 1개의 살균판 위에 60 개씩 모두 6000개(60×25×4)의 파우치를 투입한 경우에는 P-6000으로 표시하였다.

측정 부위는 Fig. 1과 같이 12군데를 설정하여 각 위치에 sensor(thermocouple)를 설치하고 Temperature Microprocessor(Ellab, Model:CMC821, Denmark)를 사



**Fig. 1. Schematic Diagram of the Woo-Sung Water Cascading Retort and Positions of Thermocouple**

**Table 1. Specifications for Sterilizer**

ITEMS		Circulation Pump	Water Feeding Pump
Pump	Diameter(mm)	125	65
	Flow Rate (100 l/min)	1.4	0.6
	Revolution(RPM)	1,750	3,600
	Electricity(kw)	15	5.5
Motor	Power(HP)	20	7.5
	Process Efficiency	88	84.5
	Revolution(RPM)	1,750	3,420
Tank	Diameter	1.37 meter	
	Length	4.00 meter	
	Volume	5,900 liter	

용하여 매살균시(P-0, P-3000, P-6000)마다 온도 및 살균도(F값)를 측정, 기록하였다. 이때 sensor의 위치는 살균판의 중앙에 오도록 하였다. 여기서, 살균된 정도를 수치적으로 나타낸 F값은 Ball<sup>(9)</sup>에 의하여 정립된 사멸율을 나타내는 식에서 기준 온도를 121.1°C, z값을 10°C로 두고 다음 식에 의하여 산출하였다.

$$F = \int 10^{(T - 121.1)/10} dt \quad (1)$$

**살균기 위치별 제품의 열전달 경향 및 살균도 측정**

즉석 카레 소스를 충전, 밀봉한 6000개의 파우치를 살균기에 투입하고 Fig. 1의 12군데 위치의 살균판 중앙에 놓인 파우치에 온도 sensor를 설치하고 살균중 제품의 시간에 따른 온도 변화를 Temperature Microprocessor를 이용하여 측정하였다. 이때 온도 sensor의 위치는 제품의 중심부에 오도록 하였다. 각 위치에서 측정된 시간에 따른 온도 변화로부터 살균중 즉석 카레 제품의 heat transfer parameters(heating and cooling rate indices,  $f_h$  및  $f_c$ ), heating and cooling lag factors( $j_h$  및  $j_c$ ) 및 살균도(F값) 등을 산출하여 위치별 열침투 경향의 지표로 사용하였다. 여기서, F값은 식 (1)에 의하여 산출되었고,  $f_h$ 값은 승온시의 열침투 곡선(시간에 대한 레토르트 온도(RT)-제품 온도(PT)),  $f_c$ 값은 냉각시 냉각 곡선(시간에 대한 제품 온도(PT)-냉각수 온도(CT))을 semi-log 그래프에 나타내었을때 RT-PT 혹은 PT-CT가 대수 주기를 1 cycle 횡단하는데 요하는 시간이다<sup>(10)</sup>. 또한 heating and lag factors는 다음 식들에 의하여 정의된다<sup>(10)</sup>.

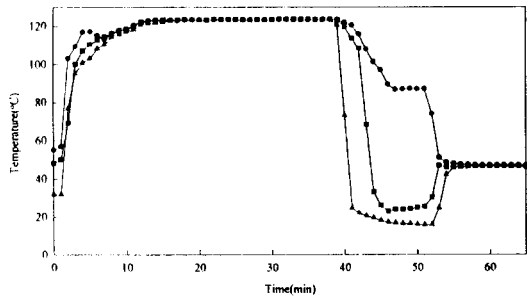
$$j_h = \frac{RT - T_{ph}}{RT - T_{ih}}, \quad j_c = \frac{T_{pic} - CT}{T_c - CT} \quad (2)$$

- 여기서, RT; 레토르트 온도
- CT; 냉각수 온도
- $T_{ih}$ ; 제품의 실제 초기 온도
- $T_{ph}$ ; 가상적인 zero time에서의 제품의 온도
- $T_c$ ; 냉각 초기의 실제 제품 온도
- $T_{pic}$ ; 가상적인 냉각 초기에서의 제품의 온도

본 연구에 사용된 파우치는 casting polypropylene 70  $\mu$ m/aluminum foil 9  $\mu$ m/polyethylene telephthalate 12  $\mu$ m laminate로 구성되어 있고 파우치의 크기는 17×13 cm이었다.

**살균도에 따른 제품의 품질 비교**

살균도의 차이가 즉석 카레 소스의 품질에 미치는 영향을 보기 위하여 F값이 15인 제품과 20, 25, 30, 35 및 40의 살균도를 가지는 제품간에 종합적 차이식별검사<sup>(11)</sup>를 실시하였다. 이 검사는 훈련된 18명의 판넬 요원에 의하여 실시되었으며 동일한 2개의 검사물과 서로 다른 1개의 검사물을 판넬 요원에게 제시하여 제시된 순서대로 왼쪽에서부터 시료를 맛보고 서로 다른 검사물을



**Fig. 2. Typical Retort Temperature History on the Different Trays in the Retort**  
●—●, Top; ■—■, Middle; ▲—▲, Bottom

선택하도록 하는 삼점검사법을 사용하였다. 검사 결과는  $\chi^2$ 검정으로 분석하였으며 5% 및 1% 수준에서 유의차 검정을 실시하였다.

**결과 및 고찰**

**살균기 위치별 온도 분포**

Fig. 2에 살균중 살균기내 온도 sensor의 위치에 따른 전형적인 열전달 경향을 도시하였다. 이 그림에서 보는 바와 같이 예비 살균시 온도의 상승 속도는 살균기의 윗부분이 가장 빠르고 아랫부분이 가장 느렸는데 이는 앞에서 언급하였듯이 열수가 처리조의 윗부분에 위치한 파이프의 구멍을 통하여 분사되므로 처리조의 아랫부분이 윗부분에 비하여 예비 살균시 열수의 영향을 덜 받기 때문인 것으로 판단된다. 또한 냉각시에는 냉각수가 아랫부분으로부터 들어오기 때문에 파우치의 투입량에 관계없이 살균기 아랫부분의 온도가 가장 빨리 떨어지고 윗부분이 가장 늦게 떨어지는 것으로 나타났다. Fig. 2는 P-6000에 대하여 Fig. 1의 3-1, 3-2 및 3-3의 위치에서 측정된 시간에 따른 온도 변화만을 보여준 것이지만 파우치 투입량에 관계없이 모든 대차에서 이와 비슷한 경향을 나타내었다.

파우치를 투입하지 않은 경우(P-0)에는, 상하 위치별로 F값이 뚜렷한 경향을 보이지 않아 살균기내 상하의 열수 순환은 비교적 원활함을 알 수 있었다 그러나, 일정량의 파우치를 투입한 경우(P-3000 및 P-6000)에는, 상하의 열수 순환이 원활치 않은 경우 한 대차내에서 살균기의 윗부분이 전반적으로 F값이 가장 큰 경향을 나타내었고 중간 부분과 아랫부분간에는 뚜렷한 경향을 보이지 않았다. 이는 파우치를 투입하지 않은 상태에서는 예비 살균중 열수의 흐름이 원활하여 비교적 일정한 온도 분포를 가지지만 일정 파우치를 투입하여 실제 제품을 살균할때에는 윗부분에서 분사되는 열수가 살균기의 중간 부분이나 아랫부분에 도달하는데는 일정 시간이 소요되어 살균기 윗부분이 다른 부분에 비해 예비 살균중 F값의 증가율이 현저히 큰 것에 기인된 것으로 생각된다.

Table 2. Summary of Temperature Distribution Test

			P-0	P-3000	P-6000
Pre-Heating	Pre-Heating Time		10 minutes	12 minutes	13 minutes
	F Value Range (F value portion)		1.49~5.43 (3.3%~9.6%)	0.96~7.15 (2.6%~13.4%)	0.97~5.88 (3.0%~12.2%)
	Mean of	Top <sup>1)</sup>	3.98(7.4%)	4.95(10.7%)	4.78(11.0%)
	F Values at each level	Middle <sup>2)</sup> Bottom <sup>3)</sup>	3.35(6.5%) 2.71(5.2%)	2.59(6.7%) 2.29(5.9%)	1.44(4.2%) 1.80(4.8%)
Sterilization	Sterilization Time		23 minutes	23 minutes	23 minutes
	Initial Temperature		120.6°C~125.1°C	119.8°C~127.3°C	117.6°C~125.9°C
	Maximum Temperature		123.9°C~125.6°C	122.5°C~127.3°C	122.7°C~125.9°C
	Minimum Temperature		120.6°C~123.8°C	119.8°C~122.9°C	93.4°C~122.2°C
	Average Temperature		123.3°C~124.3°C	122.0°C~123.6°C	121.3°C~123.2°C
	Mean of	Top <sup>1)</sup>	124.0°C	123.2°C	122.9°C
	Temperatures at each level	Middle <sup>2)</sup> Bottom <sup>3)</sup>	123.9°C 124.0°C	122.5°C 122.7°C	122.1°C 122.4°C
	Standard Deviation		0.26~0.55	0.22~0.84	0.52~4.98
	F Value Range (F value portion)		39.55~49.92 (85.4%~92.2%)	30.40~43.57 (81.8%~93.5%)	22.61~39.29 (81.9%~95.4%)
	Final Temperature		123.0°C~124.9°C	121.7°C~124.4°C	93.4°C~123.2°C
Cooling	Initial Temperature <sup>4)</sup>		92.6°C~124.1°C	75.9°C~122.5°C	29.3°C~123.0°C
	F Value Range (F value portion)		0.93~5.20 (1.7%~8.9%)	0.56~3.43 (1.7%~7.7%)	0.00~4.14 (0.0%~12.9%)
	Mean of	Top <sup>1)</sup>	3.00(5.4%)	1.96(4.2%)	1.63(3.7%)
	F Values at each level	Middle <sup>2)</sup> Bottom <sup>3)</sup>	3.08(5.5%) 2.05(4.0%)	2.17(5.7%) 1.30(3.4%)	3.21(9.9%) 1.00(3.4%)
TOTAL	Range		44.66~58.37	33.26~53.27	27.22~47.98
	Mean of	Top <sup>1)</sup>	53.90	45.45	42.99
	F Values at each level	Middle <sup>2)</sup> Bottom <sup>3)</sup>	51.65 51.74	38.24 37.97	33.63 37.43

<sup>1)</sup>Mean of F values or temperatures measured at positions 1-1, 2-1, 3-1 and 4-1 in Fig. 1

<sup>2)</sup>Mean of F values or temperatures measured at positions 1-2, 2-2, 3-2 and 4-2 in Fig. 1

<sup>3)</sup>Mean of F values or temperatures measured at positions 1-3, 2-3, 3-3 and 4-3 in Fig. 1

<sup>4)</sup>This value was measured after 30 seconds from starting cooling phase.

Fig. 2에서 보면 냉각이 시작될 때 온도가 떨어지는 경향이 위치별로 다소 차이가 있음을 알 수 있다. 이는 파우치의 투입량에 따라서는 냉각시 살균도의 증가율에도 영향을 미쳐 P-0 및 P-3000의 경우에는 위치별 경향이 뚜렷하지 않았으나 P-6000의 경우에는 살균기의 중간 부분이 윗부분이나 아랫부분에 비해 비교적 높은 값을 나타냈는데 이는 냉각중 냉각수의 순환이 파우치의 투입량이 적을 때는 원활하지만 파우치의 투입량이 6000개가 되면 순환 정도에 차이가 생겨 냉각수가 살균기의 중간 부분에 미치는 열전달 속도가 다른 부분에 비해 다소 느려지기 때문인 것으로 판단된다.

#### 1회 살균시 파우치 투입량에 따른 열전달의 차이

파우치 투입량별로 12개의 온도 측정 위치에서 기록된 시간에 따른 온도 변화가 살균 단계별로 Table 2에 요약되었다. 이 결과로부터 예비 살균 시간과 냉각 시간을 뺀 실제 살균 시간중 최대 평균 온도차(살균중 평균 온도가 가장 높은 위치와 가장 낮은 위치와의 온도차)는

P-0, P-3000, P-6000에 대하여 각각 1.0°C, 1.6°C, 1.9°C임을 알 수 있다. Campbell과 Ramaswamy<sup>(5)</sup>의 연구에서는 최대 평균 온도차가 0.3°C이었던 것과 비교하면 매우 큰 수치인데 이는 살균기의 성능차 때문이라기보다는 실험에 사용된 살균기 용량의 차이가 15배 정도나 되는데 기인한 것으로 생각된다. 이 결과로부터 살균기의 용량을 scale-up 할 때 여러 가지 제반 사항이 고려되어 설계되더라도 용량이 15배나 작은 살균기와 최대 평균 온도차를 비슷한 수준으로 제작하기에는 다소 무리가 있음을 알 수 있었다. 이미 서론에서 언급한 바와 같이 미국의 NFPA와 IFTPS에서 권장하고 있는 위치간 최대 온도차의 상한치가 1.7°C임을 감안할 때 P-6000의 경우에는 이를 상회하고 있고, 살균중 측정 위치별 평균 온도에 대한 표준 편차도 파우치를 투입하지 않았을 때와 3000개의 파우치를 투입한 경우에는 측정 위치에 관계없이 Campbell과 Ramaswamy<sup>(7)</sup>의 결과(0.58~0.71°C)와 비슷한 수준이었으나 6000개의 파우치를 투입한 경우에는 측정 위치에 따라서는 다소 큰 편차를 보이는 부분도 있었다. 따라서

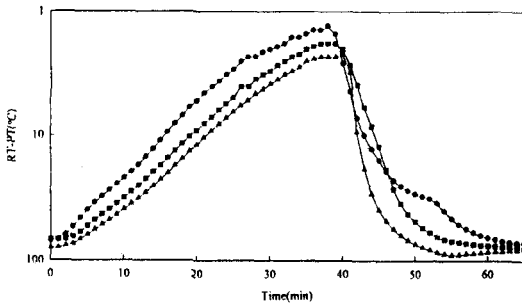


Fig. 3. Heat Penetration Curve for Retort Pouched Curry Sauce  
 ●—●, Top; ■—■, Middle; ▲—▲, Bottom

살균도에 따라 품질에 영향을 크게 받는 제품에 대하여 1회에 6000개의 파우치를 적절하게 살균하기 위해서는 열수의 순환이 효과적으로 될수 있도록 살균판의 개조, 배관 파이프의 조정 및 순환 펌프의 효율 등이 고려되어야 할 것이다.

살균중 온도 변화의 경향을 비교해 보면 살균기 윗부분은 파우치 투입량에 관계없이 거의 일정했으나 살균기 중간 부분과 아랫 부분은 파우치 투입량이 증가함에 따라 온도 상승 속도가 완만해지는 경향을 보였는데 이는 윗부분과 나머지 부분과의 파우치 투입량의 증가에 따른 열수의 순환에 관계된 열전달의 차이 때문인 것으로 판단된다. 즉, 살균기의 윗부분은 파우치 투입량에 크게 영향을 받지 않지만 중간 부분과 아랫부분은 파우치 투입량이 증가함에 따라 열수의 순환이 상대적으로 잘 이루어지지 않아 열전달 속도가 다소 느려졌기 때문이라고 생각된다.

살균기 위치에 따른 제품의 열전달 경향 비교

즉석 카레 소스는 Fig. 3에서 보는 바와 같이 위치에 관계없이 살균중 온도가 비교적 빠른 속도로 상승되다가 115~120°C 부근에서 온도의 상승 속도가 다소 느려지는 전형적인 broken heating curve<sup>(10)</sup>의 경향을 나타내었다. 이 그래프는 레토르트 온도에서 제품의 온도를  $y$ 축으로 두고 시간을  $x$ 축으로 두어 semi-log 그래프에 그리고 이를 다시 180도 회전시켜 도시되었다.

살균기내 위치별 열전달 경향을 Table 3에 요약하였다. 이 표에서는 heating rate index를 살균 초기의 제품의 온도 상승 속도와 제품의 온도가 115°C 이상이 되었을 때의 온도 상승 속도를 분류하여  $f_{h1}$  및  $f_{h2}$ 의 2개의 값으로 나타내었다. 이 표에서 보는바와 같이  $f_{h2}$ 값은 뚜렷한 경향을 보이지 않았으나 살균 초기 온도 상승의 지연 정도를 나타내는  $f_{h1}$ 값은 살균기 윗부분에서 살균된 제품이 비교적 작은 값을 가졌고 살균기 아랫부분에 있는 제품이 비교적 큰 값을 가지는 것으로 나타나 열수를 분사하는 파이프가 처리조의 윗부분에 위치한다는 사실을 잘 반영해 주었다. 반면에 냉각시 온도 하강의 지연 정도를 나타내는  $f_c$ 값은 살균기 아랫부분의 제품이 가장 작은 값을 가졌고 앞 단원에서 논의된 살균기 중간 부분의 냉각중 F값의 상승율이 가장 높았던 결과와는 상반되게 중간 부분의 제품이 윗부분의 제품보다 오히려 작은 값을 가졌다. 이와 같이 서로 상반된 결과를 보인 이유는 전체적인 냉각 시간에서 볼때는 살균기 중간 부분 제품의 냉각 속도가 윗부분 제품의 냉각 속도보다 빠르지만 Fig. 3에서 보는바와 같이 중간 부분의 제품이 냉각 초기에 최고 온도를 유지하는 시간이 상대적으로 가장 길어서 냉각중 살균도에 가장 큰 영향을 받기 때문으로 생각된다. 이는 Table 3의  $j_c$ 값을 비교해 보면 더욱 더 명확해진다. 즉, 중간 부분의 제품이 상대적으로

Table 3. Heat Transfer Parameters of Curry Sauce on Different Positions in the Retort

Position of Sensor	$j_h^{(1)}$	$f_{h1}^{(2)}$	$f_{h2}^{(2)}$	$j_c^{(1)}$	$f_c^{(2)}$	F value <sup>(3)</sup>
1-1	1.77	19.45	39.89	1.27	6.19	25.82
1-2	1.70	23.04	37.19	1.99	5.13	18.60
1-3	1.45	28.96	41.30	1.19	3.15	14.90
2-1	1.46	21.99	37.34	2.12	3.34	25.83
2-2	1.57	22.20	46.63	2.27	4.49	18.39
2-3	1.43	26.18	41.13	1.75	2.47	25.35
3-1	1.49	17.76	38.20	2.34	7.78	22.41
3-2	1.88	20.15	38.89	2.70	6.50	23.70
3-3	1.49	18.06	37.44	1.33	2.33	17.86
4-1	1.48	23.27	32.27	2.26	9.42	22.17
4-2	1.75	25.27	34.60	2.77	5.35	19.32
4-3	1.50	24.59	33.80	1.61	3.60	20.16

<sup>1)</sup> $j_h$ ,  $j_c$ : calculated from equation(2), dimensionless

<sup>2)</sup> $f_h$ ,  $f_c$ : the time in minutes required for the difference between the retort temperature(or cooling water temperature) and food temperature to traverse one log cycle during heating and cooling

<sup>3)</sup>F value: calculated from equation(1), minutes

Table 4. Sensory Evaluation by Triangle Test for Retorted Curry Sauce

	Comparison between two samples having different sterility each other				
	15 vs. 20	15 vs. 25	15 vs. 30	15 vs. 35	15 vs. 40
Total Number of Panel	18	18	18	18	18
Number of Panel who Identified the Odd Sample	5	6	8	10 <sup>1)</sup>	14 <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>significantly different at 5% level

<sup>2)</sup>significantly different at 1% level

가장 큰  $j$  값을 가져 수치적으로도 냉각 초기의 최고 온도 유지 시간이 가장 길다는 사실을 보여 주고 있다. 이 결과로부터 냉각수 순환의 영향이 냉각 초기에는 살균기의 중간 부분에 가장 적게 미치다가 약 1~2분 후부터는 윗부분에 가장 적게 미치는 것을 알 수 있었다.

이러한 차이들은 전체적인 제품의 살균도에도 영향을 미쳐 Table 3에서 보는 바와 같이 살균도가 가장 높은 부분과 가장 낮은 부분에서 채취된 시료간의 F값의 차이가 10.93으로 나타났다.

#### 즉석 카레 소스의 품질에 미치는 살균도의 영향

기준 시료인 F값이 15인 제품과 이 보다 과살균된 제품들간의 품질을 비교한 관능검사 결과를 Table 4에 요약하였다. 이 표에서 보는바와 같이 F값의 차이가 15일 때까지는 5% 수준에서 유의적인 품질 차이를 보이지 않다가 20 이상일 때부터 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다. 따라서, 본 연구에서 사용된 열수식 살균기로 6000개의 정제수 충전 파우치를 살균할 때, 위치간 온도 편차에 의한 21(Table 2)의 F값 range(살균중 열을 가장 많이 받은 위치와 가장 적게 받은 위치와의 F값의 차이)가 즉석 카레 소스의 경우에는 앞에서 언급한 바와 같이 10.93으로 감소하였는데 이 정도의 차이는 살균시 품질에 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다.

하지만 색상, 향, 맛 등이 열에 민감한 제품이고 액상의 식품인 경우에는 위의 21 정도의 살균도 차이가 품질에 영향을 미칠 가능성이 있을 것으로 생각된다. 따라서 이러한 제품을 효과적으로 살균하기 위해서는 Ramaswamy 등<sup>(12)</sup>도 논의하였듯이 열매체 흐름의 속도를 조절하고 열수를 분사하는 파이프를 윗부분 뿐만 아니라 다른 위치에도 설치하는 등의 조치가 필요할 것으로 사료된다.

#### 요 약

살균 매체로서 스팀에 의해 가열된 열수와 공기의 혼합물을 사용하는 열수식 살균기에 대하여 1회 살균시 파우치의 투입량을 달리 하면서 온도 분포 시험을 행하였다. 시험에 사용된 살균 tank의 부피는 5,900 liter 정도이며 190 g 용량의 레토르트 파우치를 최대 6000개 까지 한번에 살균할 수 있다. 설정 살균 온도 및 시간은

122°C 및 23분이었고 살균중 압력은 1.8~2.0 kg/cm<sup>2</sup>로 유지시켰다.

살균중 평균 온도가 가장 높았던 부분은 살균기 윗부분이었고 중간 부분과 아랫부분은 뚜렷한 경향을 보이지 않았다. 예비 살균 시간과 냉각 시간을 뺀 실제 살균 시간중 최대 평균 온도차는 파우치를 투입하지 않았을 때(P-0)와 3000개의 파우치를 투입하였을 때(P-3000)에는 1.7°C 이하로 양호한 수준이었으나 6000개의 파우치를 투입하였을 때(P-6000)에는 1.9°C 이상으로 다소 높은 수준이었다. 평균 온도에 대한 표준 편차도 위치에 따라 다소간의 차이는 있었지만 6000개의 파우치를 살균할 때에는 상대적으로 큰 편이었다.

즉석 카레 소스는 살균시 broken heating curve의 경향을 나타내었고 살균중 평균 온도가 가장 높은 부분과 가장 낮은 부분에서 측정된 즉석 카레 소스의 살균도(F값)의 차이는 10.93으로 나타났다. 관능검사 결과 10.93의 차이는 즉석 카레 소스의 품질에 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다.

#### 문 헌

1. NFPA: Guidelines for thermal process development for food packaged in flexible containers. National Food Processor's Association, Washington, DC., USA(1985)
2. Plug, I.J. and Borrero, C.: Heating media for processing food in flexible packages. Phase II. Tech. Rep. 67-47-GP. U.S. Army Natick Laboratories, Natick, MA., USA(1967)
3. Ramaswamy, H.S.: Heat transfer studies of steam/air mixtures for food processing in retort pouches. Ph.D. Thesis, The University of British Columbia(1983)
4. Adams, H.W. and Hardt-English, P.K.: Determining temperature distribution in cascading water retorts. *Food Technol.*, **44**(12), 110(1990)
5. Tung, M.A., Britt, I.J. and Ramaswamy, H.S.: Food sterilization in steam/air retorts. *Food Technol.*, **44**(12), 105(1990)
6. Kimball, R.N. and Heyliger, T.L.: Verifying the operation of steam retorts. *Food Technol.*, **44**(12), 100(1990)
7. Campbell, S. and Ramaswamy, H.S.: Distribution of heat transfer rate and lethality in a single basket water cascade retort. *J. Food Proc. Eng.*, **15**, 31(1992)

8. Berry, R. Jr.: The sterilization of food in pouches-critical parameters for still processing. Conference Proceedings "Using Retort Pouches Worldwide-Focus on the Present with a Look to the Future." Indianapolis, IN., March 14-15(1979)
  9. Ball, C.O. and Olson, F.C.W.: Sterilization in Food Technology. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, USA(1957)
  10. Stumbo, C.R.: Thermobacteriology in Food Processing. Academic Press, Inc., Harcourt Brace Jovanovich, Orlando, FL., USA(1973)
  11. 김광옥, 김상숙, 성내경, 이영춘: 관능검사 방법 및 응용. 신광출판사, p.96(1993)
  12. Ramaswamy, H., Campbell, S. and Passey, C.: Temperature distribution in a standard 1-basket water-cascade retort. *Can. Inst. Sci. Technol. J.*, 24(1/2), 19 (1991)
- 
- (1994년 9월 23일 접수)