

레토르트 살균기 내부의 온도 구배가 감자제품의 살균도와 품질에 미치는 영향

김주흥 · 윤원병*

강원대학교 농업생명과학대학 식품생명공학과

The Effect of Temperature Distribution in the Retort on the Degree of Sterilization and the Quality of Potato

Joo Heung Kim and Won Byong Yoon*

Department of food Science and Biotechnology, Kangwon National University

Abstract

The effect of temperature distribution in the retort on the degree of sterilization and the product quality was investigated. The temperature distribution in the retort chamber in an industrial scale of retort was evaluated. The target processing temperature was set to 121.1°C based on the standard sterilization process for *C. botulinum*. The temperature distributions at several points in the retort chamber were measured during the sterilization process, such as the heating (25°C to 121.1°C), holding (121.1°C), and cooling (121.1°C to 25°C) processes. F_0 -values at different positions in the chamber were evaluated and compared. Potato cubes were used as a control sample to obtain the heat penetration curve for evaluating the degree of sterilization and the quality changes. Potato samples in cube shape (13×13×13 mm) were prepared and packed in 5 kg of retort pouch pack. A significant temperature deviation occurred during the cooling process and it significantly affected the degree of sterilization.

Key words: retort, thermal processing, temperature profile, F_0 -Value, potato

서 론

회분식 레토르트 공법은 최근 식품 기술의 발전에도 불구하고 여전히 식품의 장기간 유통을 위한 가장 보편적이고 경제적인 살균방법으로 채택되고 있다(Akterian, 1999). 고품질의 식품을 생산하기 위하여 과살균을 피하고 살균의 안전성을 확보하며 품질 변화와 에너지소비를 최소화하는 최적 살균 공정을 설계하는 것은 매우 중요하다. 하지만, 현재 많은 산업현장에서 적용되는 레토르트 공정은 미생물의 안전성에 초점을 맞추어 과살균을 하고 있는 실정이다. 이와 같은 과살균을 극복하기 위한 레토르트 설비 개발에 관련된 연구는 많이 시도되고 있으며, 예로서 기기 내부의 교반을 주는 장치를 통해 내부 온도의 균질화가 보다 빠르게 이루어지게 하는 방식의 새로운 기기 설비 연구(Akterian, 1999; Singh et al., 2015)가 개발되어 상용화를

진행하고 있다. 그러나 실제 산업 공정에 적용하기에는 경제적인 문제가 수반되며 또한 교반 시의 충격으로 인한 용기 파손 등의 문제점도 발생하고 있다.

살균을 최적화 하기 위해서는 목적하는 물질의 형상에 따른 냉점을 정확히 추정하는 것이 매우 중요하다. 냉점에서 최적 가열 조건에 맞춰 가열 살균을 하게 되면 에너지사용 효율의 극대화 및 열에 의해 변하는 식품의 조직감, 색 및 향과 같은 품질 변화를 최소화 할 수 있다. 레토르트 공법에서 냉점을 추정하기 위하여 온도 프로파일 측정 및 시뮬레이션과 같은 방식이 사용되고 있다(Hong et al., 2014). 가능성 있는 지점에 분포되어 있는 냉점을 모두 측정하여 살균도를 측정하는 것은 비효율적이므로 수치 해석적 접근을 통한 시뮬레이션 방법과 실제 측정을 통한 실험적 방법이 병행되어 적합한 살균도($F_{0\text{값}}$, F_0 -value)를 측정하게 된다.

미생물에 대한 안전성을 확보하기 위해서는 $F_{0\text{값}}$ 4 이상을 식품 공전에서 규정(Ministry of Food and Drug Safety, 2016)하고 있으나 산업현장에서는 $F_{0\text{값}}$ 12 이상의 과살균을 목표로 살균 공정이 설계되고 있다. 이는 살균기 내부의 온도 분포(또는 구배)가 식품의 살균 정도에 상당한 영향을 끼칠 수도 있으므로, 전체적인 살균도의 기준을 높게

*Corresponding author: Won Byong Yoon, Department of food Science and Biotechnology, College of Agricultural and Life Science, Kangwon National University, Chuncheon, Gangwon-do, 24341, S. Korea
Tel: +82-33-250-6459; Fax: +82-33-241-0508
E-mail: wbyoon@kangwon.ac.kr
Received July 7, 2016; revised August 8, 2016; accepted August 10, 2016

책정한 과살균을 통하여, 발생할 수 있는 미생물적 안전성 문제를 제거하고 있다. 그러나 필요이상의 가열 처리는 식품의 품질 인자인 조직감, 색도, 영양성분의 저하 뿐만 아니라 에너지 손실을 수반하게 된다(Singh et al., 2015). 이 같은 문제점에도 불구하고 살균기내부의 온도 분포가 제품의 살균도의 차이에 미치는 영향에 대한 연구는 시도된 적이 없다.

회분식 살균을 사용하는 산업화된 공정에 사용되는 플랜트 스케일의 레토르트 기기는 기기 내부에 온도 구배가 존재한다. 플랜트 스케일과 같이 규모가 큰 레토르트기기는 내부 공간의 위치에 따라 스팀 또는 냉각수의 유입에 시간적 차이가 발생할 뿐만 아니라, 공간에서의 제품의 적재 위치에 따른 가열 매체(스팀 또는 열수)나 냉각 매체의 유입에 따른 열 전달 속도 차이가 발생하게 되며, 이는 생산품 간에 온도 편차를 유발하게 된다. 이로 인해 결과적으로 불균질한 제품의 생산을 초래하게 된다. 공간의 온도 구배를 최소화하기 위한 내부 강제 대류 발생장치 혹은 샘플의 위치를 움직이는 교반 장치와 같은 추가적인 설비의 도입에 대한 연구가 보고된 바 있으나 이는 많은 비용을 수반한다(Singh et al., 2015). 이와 같은 이유로 산업용 규모의 레토르트 기기의 내부 온도 분포를 정확히 측정하고 이에 따른 살균도와 품질에 미치는 영향을 측정할 필요가 있다. 본 연구에서는 회분식 고온가압살균(레토르트)공정을 통한 살균 공정을 진행 시 발생하는 내부 온도 분포를 고려한 살균 공정 최적화를 제시하기 위하여 (1) 내부 온도 구배 상승 요인 분석, (2) 내부 온도 구배가 살균도와 품질에 미치는 영향을 파우치에 포장된 감자 시료로 하여 조사하였다.

재료 및 방법

재료

본시험에 사용된 감자는 수확 후 1개월 이내의 것을 사용하였으며, 레토르트 살균 전 가로×세로(320×460 mm)의 파우치에 큐브 형태(13×13×13 mm)로 잘라 각각 5 kg씩 넣었다. 실험 측정 전 모든 샘플은 상온 인큐베이터에서 20분간 방치하여 온도를 균일하게 맞춘 후 실험이 진행되었다.

Retort 내부 온도 측정

H사의 레토르트 기기 내부의 온도 구배를 측정하기 위하여 무선 온도센서(Tracksense®pro, Ellab, Trollesmindealle, Hillerød, Denmark)를 사용하였다. 기기 내부 온도 편차 측정은 레토르트 내에 있는 4개의 대차(C-1, C-2, C-3, C-4)에 설치하였다(Fig. 1). 각 대차는 12개의 tray로 구성되어 제품을 적재할 수 있다. 대차에 있는 트레이 12개중 위에서 6번째 트레이의 중심부에 온도센서를 위치시켰으며,

Fig. 1(C)에 표기하였다. 모든 구간의 온도 측정은 동시에 수행하였다.

Retort pouch 온도 측정

살균 시 발생하는 레토르트 파우치 내부의 온도 구배를 확인하기 위해 파우치에 내부에 감자를 넣었다. 파우치에 담긴 감자의 온도 측정은 파우치 중심부의 감자 시료가 담긴 파우치의 중심부에 무선 온도 센서를 설치하였으며, 센서의 측정 위치를 고휘분(감자)의 큐브 중심부에 설치하였다. 온도의 측정은 분당 1 point의 속도로 측정하여 온도 프로파일을 산출하였다.

스팀의 압력 강하 및 에너지 손실을 계산

레토르트 기기에 유입되는 스팀의 유속(v)을 계산하기 위해 수식(1)을 사용하였다.

$$v = \frac{\dot{v}}{360\pi\left(\frac{D}{2}\right)^2} \quad (1)$$

\dot{v} 은 스팀의 용적 유량, D는 파이프의 내경을 의미한다. 또한, 레토르트 기기에 유입되는 스팀의 흐름성을 파악하기 위해 Reynold's number (N_{Re})를 계산하였다.

$$N_{Re} = \frac{Dv\rho}{\mu} \quad (2)$$

N_{Re} 는 Reynold 수, ρ 는 밀도, μ 는 점도이다. 스팀 흐름에 따른 압력 강하 및 질량당 에너지 손실률의 계산은 층류, 난류 모두에 적용 가능한 Darcy-Weisbach 수식을 이용하였으며, 매끄러운 배관에 대하여 Prandtl-Nikuradse의 수식에 따라 마찰계수를 계산하였다. 각각의 수식은 다음과 같다.

$$f = \frac{1}{(N_{Re})^{1/4}} \quad (3)$$

$$\Delta P = f \frac{L}{D} \frac{\rho v^2}{2} \quad (4)$$

$$e_L = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2} \quad (5)$$

각 인자의 값은 Table 1에 요약하였다.

F값의 계산

본 살균 공정은 혐기성 균인 *Clostridium botulinum*의 사멸 측정 조건을 기준으로 하여 지표 온도 121.1°C, z값 10°C를 사용하여 수식 (1)을 사용하여 살균도를 나타내는 F값을 산출하였다(Smout et al., 2000).

$$F_0 = \int_{t_0}^{t_f} L(t) dt = \int_{t_0}^{t_f} 10^{\frac{T_f - T_{ref}}{z}} dt = \int_{t_0}^{t_f} \frac{1}{F} dt \quad (6)$$

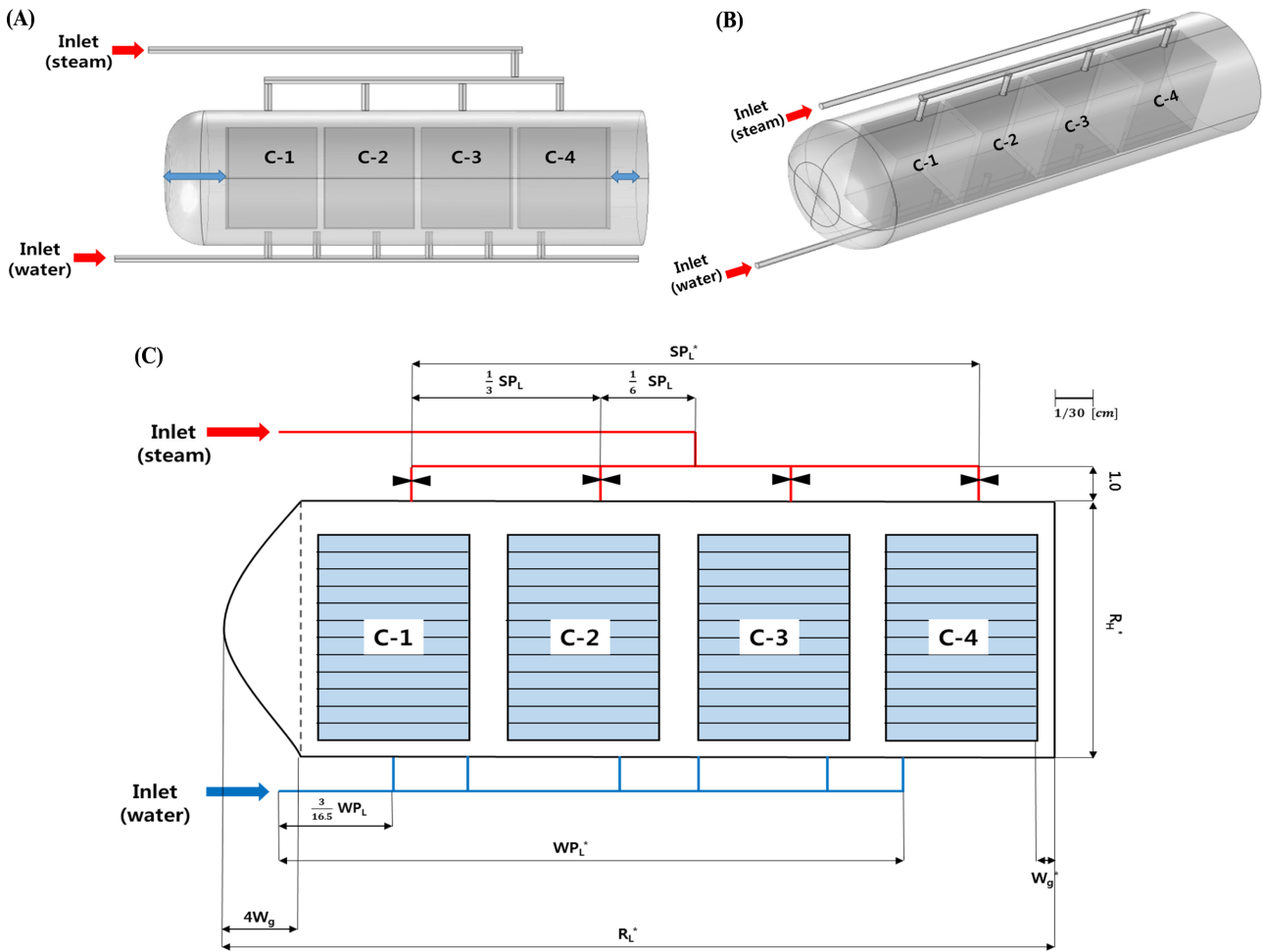


Fig. 1. Schematic view of retort, carts and trays in the carts. C-1, C-2, C-3 and C-4 represent the order of carts in the retort chamber. (A) Side view of the three-dimensional schematic diagram, (B) Top view of the three-dimensional schematic diagram, (C) Schematic diagram of sterilization machine.

Table 1. Physical properties of steam and water used for retort-ing process

Property	Steam	Water
Viscosity (μ) (kg/m·s)	1.32×10^{-5}	1.34×10^{-4}
Density (ρ) (kg/m ³)	1.367	999.7
Flow rate (\dot{v}) (m ³ /s)	0.0122	0.5502
Inside diameter (D) (m)	0.10	0.10

위 수식에서 t_0 는 가열처리 시작 시간, t_f 는 가열처리 마지막 시간, T_f 는 임의의 가열처리 온도, z 는 해당 미생물의 z 값, F_f 는 임의의 온도(T_f)에서 T_{ref} 로 1분간 가열 처리한 효과에 해당하는 가열시간이다.

레토르트공정 시의 감자의 조직감 측정

온도 분포를 측정된 각 위치에서의 레토르트 처리된 감자의 조직감은 texture analyzer (CT3 texture analyzer, Brookfield, Middleboro, MA, USA)를 이용하여 측정하였다. 조직감 측정을 위하여 texture analyzer에 직경이 38

mm인 원기둥 형의 probe를 장착하여 10회 반복 측정 후, 측정된 값 평균과 표준편차로 나타내었다. 측정 조건은 test speed 0.5 mm/s, deformation 30%로 설정하였다.

통계분석

본 연구의 모든 결과는 Excel program (Excel 2013, Microsoft Co., Redmond, WA, USA)을 이용하여 평균과 표준편차로 나타내었으며, 결과의 유의성을 검증하기 위하여 일원분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였다($p < 0.05$).

실험 결과

레토르트 기기 내부 온도 분포

레토르트 기기에서 대차 위치에 따른 온도 편차를 확인하기 위해 위치 별(C-1, C-2, C-3, C-4)온도 프로파일을 비교하였으며, 위치에 따른 온도 상승 및 냉각 공정에서의 온도 차이의 결과를 Fig. 2에 나타내었다. 기기에 초기 설정된 온도와 달리 121.1°C의 온도에 도달하는데 C-1부터

순서대로 23, 22, 22, 21분으로 차이가 발생함을 확인하였으며, 이후 설정 온도 도달 후 내부의 온도가 균질화 됨을 확인할 수 있었다. 플랜트 스케일과 같이 규모가 큰 레토르트 공정에서 스팀의 유입으로 인한 난류가 형성되어도 내부 온도의 균질화가 되는데 유의적인 시간 차이를 보임이 확인되었다. Chen et al. (2008)에 의하면 내부에 유입되는 스팀이 난류 흐름을 형성하지만, 플랜트 스케일과 같은 큰 규모에서는 위치에 따른 온도의 차이가 발생한다고 보고 하였으며, 이와 유사한 결과를 확인하였다.

기기 내부의 난류 흐름에 따른 질량당 에너지 손실을 및 압력강하를 수식 (1-5)를 이용하여 계산하였다. 배관의 길이 L값에 대해 각 지점의 값을 스팀 유입관 길이 대비 무차원수로 나타냈다(Table 2). 압력 강하 및 질량당 에너지 손실은 유입되는 배관 길이에 지배적인 함수임을 확인하였다. 유입되는 가열 및 냉각 매체가 중앙부에서 분배되는 본 연구에 사용된 레토르트의 경우는 상대적으로 유입되는 배관의 길이가 긴 C-1, C-4에서 C-2, C-3에 비하여 압력 강하 및 질량당 에너지 손실률 값의 차이가 발생함을 나타냈다. 압력 강하 및 질량당 에너지 손실률이 1.5배의 차이가 발생함을 수식을 통해서 비교하였으며, 이는 각 구간에 유입되는 배관의 길이의 비와 동일하게 나타났다. C-1에서 설정 온도에 도달하는데 가장 오랜 시간이 걸리는 원인은 스팀

유입 관의 길이가 가장 길었을 뿐만 아니라, 레토르트 기기 내부의 벽면이 안쪽으로 호를 이루어 타 대차보다 열을 전달받는 공간이 넓으며, 이로 인해 동일한 온도에 도달하기 위해서 더 큰 에너지가 요구되는 것으로 사료된다. 이는 Chen et al. (2008)이 기술한 바와 동일한 결과이며, 스팀 공급원의 거리 차이로 인한 스팀 압의 차이에 기인한다고 볼 수 있다. 유입 관의 길이가 길어짐에 따라서 벽면 마찰로 인한 압력 강하 및 상대적으로 유입 경로가 짧은 스팀의 유출구에 비해 높은 압력강하가 발생한 것으로 추정된다. C-4의 경우 스팀공급원과 상대적으로 먼 거리에 위치하고 있으나 가장 빨리 목표 온도에 도달하였다. 이는 C-4와 인접한 레토르트 후면의 벽이 매우 가까운 곳에 위치하고 있어 유입되는 스팀이 후면의 벽에 충돌하면서 강한 반사작용으로 열이 C-4대차의 후면 부위에 빠른 속도로 전달되었기 때문으로 판단된다. C-1의 경우 레토르트 해치와 가까운 곳에 위치하여 있다. 해치는 곡면을 가지고 있으며 스팀 유입구와 해치와의 거리는 C-4와 후면 벽의 거리보다 4배 긴 것으로 측정되었다. 이와 같은 이유로 C-1의 경우 유입되는 스팀이 해치와의 충돌에 의해서 열 전달이 상대적으로 낮은 것으로 추정된다. 대차 간의 온도 분포와 함께 동일 대차에서도 높낮이에 따른 온도의 차이가 보고되었다(Singh et al., 2015). 온도 구배를 최소화하기 위하여 Singh et al. (2015)는 추가적인 교반 장비를 레토르트 내부에 도입하여 균질하게 스팀을 이동시키는 방법을 제안하였다.

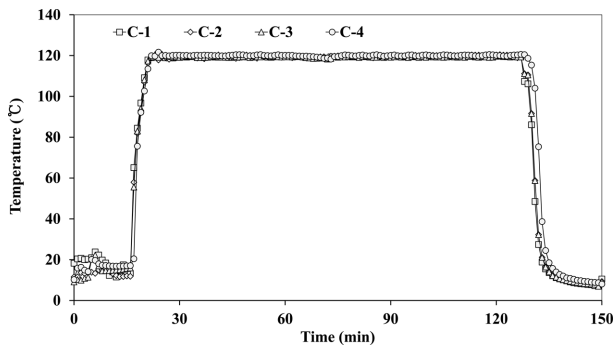


Fig. 2. Transient temperature during retort process. All temperature profiles were measured at the center of the wagon. C-1, C-2, C-3, and C-4 represent the number of wagon in the chamber.

Table 2. Dimensionless number to represent geometrical characteristics of pipes for to represent geometrical characteristics of pipes for steam and cooling water

Symbol	Length
R_L	1
W_g	0.023
SP_L	0.682
WP_L	0.750
C-1	0.341
C-2	0.227
C-3	0.227
C-4	0.341

기기의 특성을 고려한 F값

설정 온도 121.1°C에서의 F값을 계산한 결과를 Fig. 3에 나타내었다. F값의 계산은 시간에 따라 변화하는 온도에 대한 치사율(lethality)값을 모두 합하는 수식 (6)을 이용하여 계산하였다. 설정 온도와 달리 내부 온도의 편차는 각 구간별 편차를 보였으며, 시간이 증가함에 따라 C-1과 C-4에서 F값의 큰 차이를 나타냈다. C-1과 C-4에서 각각 F값 4에 도달하는데 걸리는 시간은 27.46분과 21.85분으로 유의적인 차이를 나타냈다. 내부 온도 분포에 따른 살균도의

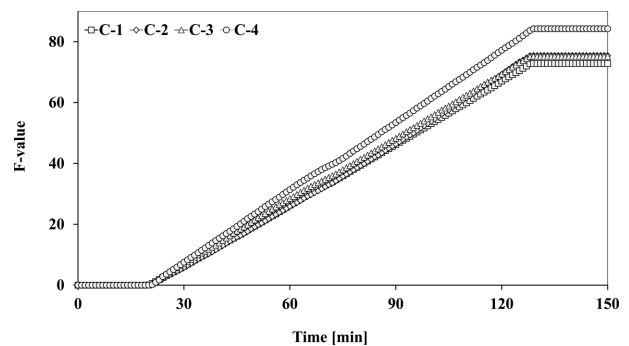


Fig. 3. Changes in F-value during retort processing. F-values were measured at different wagon in the retort chamber. C-1, C-2, C-3, and C-4 represent the number of cart in the chamber.

차이는 Akterian (1999)의 결과와 동일하다.

냉각 공정에서 역시 F값에 큰 차이를 보임을 확인하였으며, 냉각 공정이 시작되는 시점부터 냉각 공정이 끝나는 시점까지 살균에 미치는 영향을 초기 살균도에 합산하여 이를 Fig. 4에 나타내었다. 이때 냉각 공정 F값의 계산은 냉각 직전 최고 온도에서의 체류시간을 포함하여 계산하였으며, 냉각 공정에서 발생하는 살균도는 초기 살균 공정 설계 시 큰 영향을 끼칠 만큼의 값을 나타냈다. 살균 공정에서 필수적인 냉각 공정이 살균에 미치는 영향은 초기 살균 공정을 설정함에 있어서 큰 영향을 미치는 것을 확인할 수 있다. F값을 계산함에 있어서 지표 온도(121.1°C)에 근접한 온도 구간에 얼마나 더 체류 하는지가 F값에 영향을 크게 미치게 되는데, 동일한 살균조건으로 살균 공정을 최적화하게 될 경우 공간에 따른 살균 시간의 차이를 확인한 것을 확인할 수 있다. Fig. 1에서 나타낸 바와 같이 냉각수의 유입은 스팀의 유입관과 달리 C-1부터 C-4까지 순차적으로 유입됨을 확인할 수 있었으며, C-1대비 C-4에서 유입되는 배관의 길이의 비는 무차원수로 각각 C-1 (0.136), C-2 (0.273), C-3 (0.409), C-4 (0.545)의 차이를 보였다. 수식 (1-5)를 적용하여 계산한 결과 C-1과 C-4 간에 압력 손실 및 에너지 손실률의 차이가 4배 발생함을 확인하였다. 냉각수 역시 스팀의 유입과 마찬가지로 유입 배관의 길이 비율에 따른 압력 강하 및 에너지 손실률을 나타냈다. 냉각수 유입 시간에 있어서 압력의 큰 차이가 각 냉각수 유입관에 따라 나타날 수 있음을 보여 준다. McGinnis (1986)는 기기의 내부 온도 편차에 영향을 미치는 인자는 초기 가열 공정과 더불어 냉각 단계의 시작 직후에 발생함을 나타내었다. 특히 고온 상태에서의 냉각수 유입 시간의 차이는 내부에 큰 온도 편차를 야기하여 살균도에 많은 영향을 준다고 보고하였다. 냉각 공정에서의 F값을 계산하여 Fig. 4에 나타냈다. C-1, C-3, C-4의 위치에서 냉각수의 유입에 따른 F값의 유의적인 차이는 없었으며, C-2에서만 확연히 다른 F값의 차이를 확인할 수 있었다. 압력 손실과 달리 중심부에 위치한 C-2에서 가장 높은 F값을 나타낸 것은 스팀과 같이 작은 입자의 난류에 의한

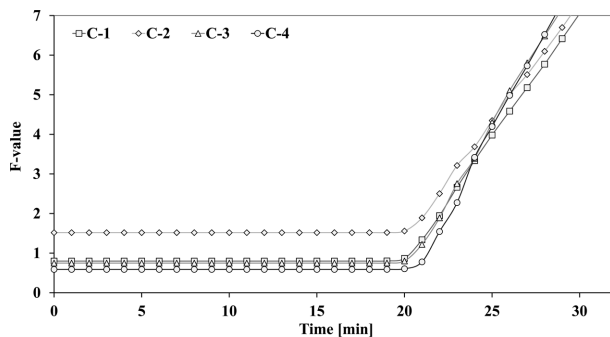


Fig. 4. Changes in F-value during cooling process upon the position of wagon in the retort chamber.

열 전달과 달리 냉각수의 내부 침투가 빠르게 일어나지 못하였기 때문으로 사료된다. 또한 압력손실이 가장 큰 C-4에서 냉각이 빠르게 된 이유는 스팀의 유입과 마찬가지로 추가적인 벽면에 의한 충돌이 크게 작용하여 타 대차에 비해 보다 빠르게 냉각수와 마찰이 발생한 것으로 사료된다. C-2 위치는 냉각 공정 이후 F값 1.5를 추가적으로 충족 시키게 됨을 나타내었으며, 이는 살균도를 측정함에 있어서 냉각 공정의 편차가 큰 영향을 끼칠 수 있음을 나타내는 매우 중요한 정보이다. 살균 공정에 관련된 많은 연구는 가열 시의 살균도에 집중되어 연구되었으나, 냉각 공정에 대한 연구는 미미하다. 본 연구의 결과는 냉각공정에서의 추가적인 살균도의 변화가 생길 수 있으며 이는 식품의 열적 손상에 깊은 관계가 있으므로 이를 고려한 살균 공정 설계 되어야 함을 시사한다.

살균 위치에 따른 감자의 열 침투

기기 설정 온도 121.1°C 125분 공정에서 위치를 달리한 감자의 온도 프로파일을 Fig. 5에 나타내었다. 4개의 구간 중 가장 큰 유의적인 차이를 보였던 C-2와 C-4의 위치에서 파워치를 설치하여 측정하였으며, C-2와 C-4 위치에서 측정된 기기 온도의 평균 값을 레토르트 파워치 외부에서 전달되는 기계 내부 온도로 표기하였다. 동일한 조건의 살균 공정 속에서 두 파워치의 열 침투 곡선은 큰 차이를 보임을 확인할 수 있다. 초기 가열 부분에서의 열 침투는 C-4에서 빠르게 진행됨을 나타냈다. 앞선 결과와 동일하게 C-4의 위치에 따른 레토르트 기기의 추가적인 벽면의 충돌에 의해 스팀의 침투가 보다 빠르게 발생한 것으로 추정되며, 그 결과 C-4 위치에서의 온도가 빠르게 상승한 것으로 나타났다. C-2에서 역시 앞선 결과와 동일한 양상의 결과를 나타냈다. 냉각 공정 시 C-2의 파워치가 보다 늦게 열이 내려가는 것은 냉각수의 유입 시간 차이에 의한 것으로 판단된다. 냉각수 유입 관의 길이에 따른 압력 강하보다 위치에 따른 냉각수 투입의 저해가 크게 작용한 것으로 판단된다. 공간에 따른 온도의 차이는 극명하게 드러났으며, 이러한 온도의 차이는 식품의 품질에 큰 영향을 미치게 된

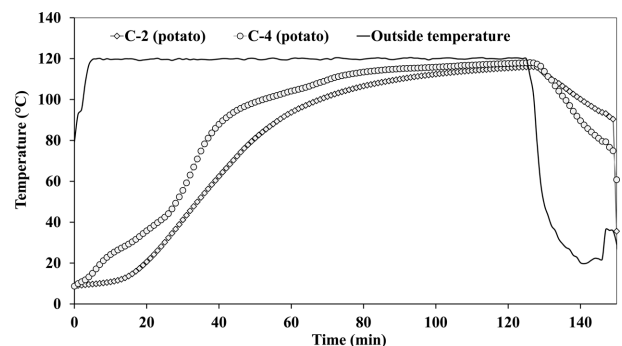


Fig. 5. Temperature profiles of potatoes sample at two different positions at two different positions (C-2, C-4).

다. 스팀의 벽면 충돌 효과와 마찬가지로 냉각수의 유입 역시 벽면 충돌 후 식품까지 도달하는 시간을 단축시킨 것으로 추정된다. Smout et al. (2000)은 이러한 기계의 내부 열 침투 편차를 고체 및 액체 식품 시료를 이용하여 측정하였으며, Monte Carlo simulation을 이용하여 검증하였다. 또한 이러한 열 침투의 편차에 의해 미생물 치사율에 영향을 미치게 되므로(Smout et al., 2000), 식품의 안전성에 치명적인 영향을 미치게 된다고 나타났다. 위치에 따라서 설정 온도에 도달하기 까지 걸리는 시간은 식품의 물성 중 특히나 조직감에 큰 영향을 미치게 되며, 공간에 따른 온도의 편차는 균질화된 생산품을 얻을 수 없음을 시사한다.

었다. 고온에 상대적으로 오래 방치된 C-4의 경도가 유의적인 감소를 나타냈다. 탄성(Springiness), 검성(Gumminess), 응집성(Cohesiveness) 역시 열 침투가 많이 일어난 C-4에서 유의적으로 작은 값을 나타냈다. 동일한 공정을 거쳤음에도 경도의 경우 25% 이상의 큰 차이를 보였으며, 검성은 70%로 가장 큰 차이를 보였다. 동일한 레토르트 공정에서 온도를 달리 하였을 때 보다 높은 온도의 열처리를 받은 감자의 조직감이 감소하게 될 뿐만 아니라, 더 큰 감자의 색도 변화를 수반하게 된다(Rattan & Ramaswamy, 2014). 동일한 레토르트 공정을 거친 감자의 최종 생산품의 이러한 조직감 차이는 기기 내부의 온도 분포를 고려하여 식품을 제조하여야 함을 시사한다.

레토르트 처리 위치에 따른 감자 조직감 변화 측정

레토르트 설정 조건(121.1°C, 125분)을 같게 한 5 kg 파우치의 감자의 조직감 측정을 Fig. 6과 Table 2에 나타내

요 약

본 연구는 레토르트 기기 내부의 온도 편차가 살균 정도

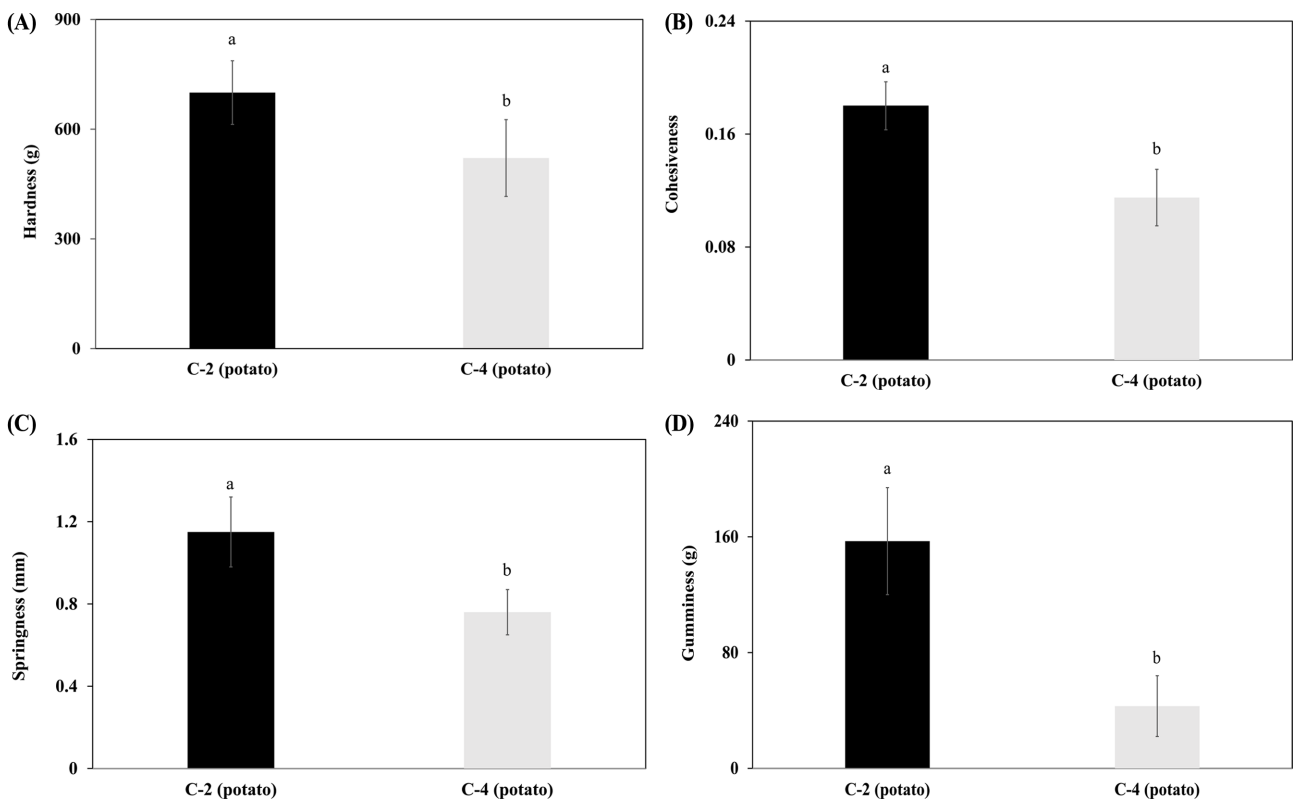


Fig. 6. Effect of the wagon position in the machine (C-2, C-4) on the TPA of the potatoes. All data is significantly difference between C-2 and C-4 ($p < 0.05$).

Table 3. Texture properties of potato samples located at the different cart properties of potato samples located at the different wagon in the retort chamber in the retort chamber

Sample	Hardness (g)	Cohesiveness	Gumminess (g)	Springiness (mm)
C-2 (potato)	698±57.18 ^a	0.177±0.01 ^a	156±24.76 ^a	1.103±0.13 ^a
C-4 (potato)	521±101.76 ^b	0.11±0.01 ^b	46.75±12.18 ^b	0.765±0.10 ^b

^{a-b} All data is significantly difference between C-2 and C-4 ($p < 0.05$). Each value is means ± S.D

에 미치는 영향에 대해 조사하였다. 온도 상승 시 레토르트 내부 대차 간 F값의 유의적인 차이가 확인되었다. 뿐만 아니라, 냉각 공정 시에 냉각수의 유입이 대차의 위치에 따라 온도의 유의적인 차이를 발생시켰으며, 살균도에 영향을 끼치는게 확인되었다. 레토르트 공정에서 대차 간 F값의 차이는 가열공정뿐만 아니라 냉각 공정에 의해서도 유의적인 차이가 있음을 보였다. 내부 온도 구배의 발생으로 인해 최종 생산물의 조직감이 유의적인 차이를 나타낼 수 있음을 확인하였다. 살균 공정 최적화 및 최종 생산품의 균질화를 위해서 반드시 기기 내부 온도 편차 및 냉각 공정 시 발생할 수 있는 위치에 따른 열 전달 특성에 대해 고려 하여 살균 공정의 설계가 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농림축산식품부의 재원으로 농림수산식품기술기획평가원의 고부가가치 식품기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(과제번호: 314047-2).

References

- Akterian SG. 1999. On-line control strategy for compensating for arbitrary deviations in heating-medium temperature during batch thermal sterilization processes. *J. Food Eng.* 39: 1-7.
- Chen G, Campanella OH, Corvalan CM, Haley TA. 2008. On-line correction of process temperature deviations in continuous retorts. *J. Food Eng.* 84: 258-269.
- Hong YK, Uhm JT, Yoon WB. 2014. Using numerical analysis to develop and evaluate the method of high temperature sous-vide to soften carrot texture in different-sized packages. *J. Food Sci. Tech.* 79: 546-561.
- McGinnis DS. 1986. Prediction of transient conduction heat transfer in foods packaged in flexible retort pouches. *J. Food Sci. Tech.* 19: 148-157.
- Ministry of Food and Drug Safety. Korean Food Standards Codex. Available from: http://fse.foodnara.go.kr/residue/RS/jsp/menu_02_01_01.jsp.do. Accessed May. 27, 2016.
- Rattan NS, Ramaswamy HS. 2014. Comparison of free/bi-axial, fixed axial, end-over-end and static thermal processing effects on process lethality and quality changes in canned potatoes. *J. Food Sci. Tech.* 58: 150-157.
- Singh AP, Singh A, Ramaswamy HS. 2015. Modification of a static steam retort for evaluating heat transfer under reciprocation agitation thermal processing. *J. Food Eng.* 153: 63-72.
- Smout C, Avila I, Van Loey AML, Hendrickx MEG, Silva C. 2000. Influence of rotational speed on the statistical variability of heat penetration parameters and on the non-uniformity of lethality in retort processing. *J. Food Eng.* 45: 93-102.
- Smout C, Avila I, Van Loey AML, Hendrickx MEG, Silva C. 2000. Non-uniformity of lethality in retort processes based on heat distribution and heat penetration data. *J. Food Eng.* 45: 103-110.