

느타리버섯 통조림의 전열특성

이동선 · 박노현 · 신동화 · 민병용

농어촌개발공사 식품연구소

Heat Penetration of Canned Oyster Mushroom

Dong Sun Lee, Noh Hyeon Park, Dong Hwa Shin and Byong Yong Min

Food Research Institute, AFDC, Banweol-Myun Hwasseung-Kun, Kyonggi-Do

Abstract

Heat penetration pattern of canned oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) was monitored for processing variables—can size, heating temperature and solid fill fraction, and its effects on sterilization condition was reviewed. The f_h value decreased sharply with decrease of solid fill fraction and then became stable from certain solid fill fraction unique to can size. Heat penetration was a little faster at higher heating temperature with lower f_h value. As viewed from f_h value, convection started at higher solid fill fraction with higher length/diameter ratio, and j_h values decreased to about 1.0 with decrease of solid fill fraction. From standpoint of overall cost, retorting time and energy consumption, solid fill fraction of 3/5 was optimum for all can sizes considered.

서 론

느타리버섯은 독특한 맛과 조직때문에 그 생산 및 소비가 급증하여 1975년 160톤 생산에서 1981년에 13486톤으로 생산량이 증가하고 있으나 그 대부분이 생체로 유통 소비되고 있다. 그러나 생산량이 증가함에 따라 일시 대량처리방법이 제시되어야 할 것이며 이 중의 하나가 통조림 가공으로서, 느타리버섯의 통조림 가공시 수율은 약80%정도이며⁽¹⁾ 통조림 가공적성은 좋은 것으로 보고되고 있다.⁽²⁾ 느타리버섯등의 통조림 가공시 살균공정에서 액즙과 고형량비율에 따라 열전달형태가 달라지며 이에 따른 여러 요인별 대류열전달의 개시 및 진행에 대해서는 보다 많은 연구가 필요한 실정이다.⁽³⁾ 대류열전달에 의한 연구로는 Nicholas등이 피클제품의 여러 요인별 열침투 특성,⁽⁴⁾ 액즙의 대류열전달이 개시될 수 있는 지표,⁽⁵⁾ 수분이 많은 식품 및 당액사이의 증화에 의한 대류열전달의 지연현상⁽⁶⁾을 보고한 바 있다. Hiddink⁽⁷⁾은 통조림 살균시 자연대류 열전달 현상을 수학적으로 분석한 바 있으나 실용적인 의미로의 접근은 부족한 상태에 있다.

본 실험에서는 느타리버섯 통조림을 모델시스템으로 하여 살균시 충전고형량, 관형 및 살균온도에 따른 열침투특성과 이의 살균조건에 미치는 영향등을 검토하였다.

재료 및 방법

재료

시중에서 회색종 느타리버섯을 구입하여 사용하였다.

열침투측정용 시료의 가공

느타리버섯을 정선, 자숙, 세절한 후 각 고형량비(버섯고형량/전체중량) 별로, 즉 0, 1/5, 2/5, 3/5, 4/5, 5/5 별로 4호관(No. 301-7, $\phi 74.1 \times 113.0mm$), 버섯 4온스관(No. 211-3, $\phi 65.4 \times 69.2mm$), 휴대관(No. 301-3, $\phi 74.1 \times 50.5mm$)에 충전한 후 각 통조림에 전체무게가 4호관은 425g 버섯 4온스관은 200g, 휴대관은 175g이 되도록 물로서 충전하였다. 100℃에서 3분간 탈기함에서 탈기시킨 후 권체하여 121℃에서 60분간 살균, 냉각후 초운을 일정하게 하기 위하여 22℃ 항온기에 보관하면서 열침투용 시료로 사용하였다.

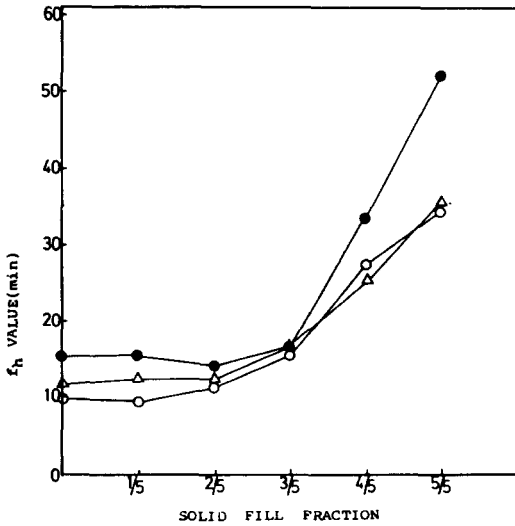


Fig. 1. f_h value of heat penetration curve vs. solid fill fraction for various can sizes
 —●— No. 301-7 —△— No. 211-3
 —○— No. 301-3

열침투측정

열침투의 측정은 Copper-constantan 열전대를 통조림 중심부에 꼽고 일정한 온도로 유지되면서 충분히 저어지고 있는 항온유조속에 통조림을 넣어 중심부의 온도 상승을 온도기록계 (Ellab Co., Type 29CTF) 에 의하여 기록하였다. 4 호관의 경우는 100℃, 110℃, 120℃에서 각 충전고형량별로 열침투를 측정하였고 버섯4 온스관과 휴대관은 120℃에서만 측정하였다. 측정된 통조림 중심부의 온도상승을 반대수 좌표에 도시하여 j_n 값 f_h 값을 구하여 열침투를 분석하였다.

살균시간 및 살균소요에너지의 계산

위에서 구한 120℃에서의 열침투특성치 f_h 값, f_n 값과 함께 j_c 값으로는 일반적인 스타리버섯 통조림 살균시 j_c 값인 1.00으로 가정하고 come-up time 10분 조건에서 레토르트온도 121℃에서 중심부가 F_0 값 9 까지 살균되는데 소요되는 살균시간을 Stambo의 방법을 computer program시킨 Jamieson의 방법에⁽⁹⁾ 의하여 계산하였다. 살균시간으로는 come-up time까지를 포함하여 나타내었다. 이렇게 살균하는데 소요되는 스팀의 양은 현지양송이 통조림 살균시의 스팀사용량에 준하여 계산하여 살균시 소요에너지량을 구하였다.⁽¹⁰⁾ 즉, 현지공장에서의 통조림 살균시 레토르트에 각 관형별로 수용가능한 통조림량을 알고, 가열살균할 때의 스팀소모량의 추이에 따라 스팀사용량을 구하고 이에 엔탈피를 곱하여 소요에너지량으로 계산하였다. 계산된 살균시간, 에너지량등을 단위충전고형물 기준으로 비교분석하였다.

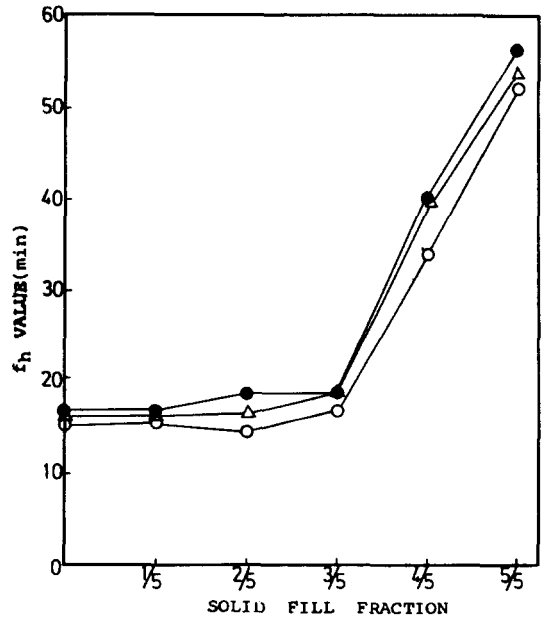


Fig. 2. f_h value of heat penetration curve vs. solid fill fraction for various heating temperatures (can size No. 301-7)
 —●— 100℃ —△— 110℃ —○— 120℃

결과 및 고찰

열침투특성치

Fig. 1 은 고평량비에 따른 120℃에서 각 관형별 열침투특성치인 f_h 값을 나타내고 있으며 고평량비의 감소에 따라 f_h 값은 급격히 떨어지고 있다가, 어느 고평량비이하부터 안정된 값을 취하고 있다. 관형별로 보면 4 호관의 경우는 고평량비 5/5에서 f_h 값 52.2분이던 것이 고평량비 3/5에서 f_h 값 16.9분으로 감소하여 고평량비가 더 이상 감소하여도 비슷한 수준을 유지하였다. 이에 비하여 버섯 4 온스관의 경우 고평량비 5/5에서 f_h 값 35.7분이던 것이 고평량비가 감소함에 따라 감소하여 고평량비 2/5에 이르러 f_h 값 12.3분으로 거의 일정한 값을 유지하였다. 휴대관도 이와 비슷하나 고평량비 5/5에서 f_h 값 34.4분이던 것이 고평량비 2/5에 이르러 f_h 값 11.4분으로 감소하고 이후 고평량 감소에 따라 완만히 감소하여 고평량비 5/1에서 f_h 값 9.6분으로 감소한 후에는 거의 변화하지 않았다. 이상의 결과로부터 f_h 값의 감소로 나타나는 자연대류현상은 L/D 값(높이/직경비)이 클수록 높은 고평량비에서 일어나기 시작하여 L/D 값이 1.53인 4 호관이 L/D 값이 각각 1.06 과 0.68인 버섯 4 온스관 및 휴대관보다 높은 고평량비에서 완전대류에 가깝게 바뀌어지고 있음을 보여 주고 있다. 이는 L/D 값이 높을 때 대류열전달이 일어나기 쉬

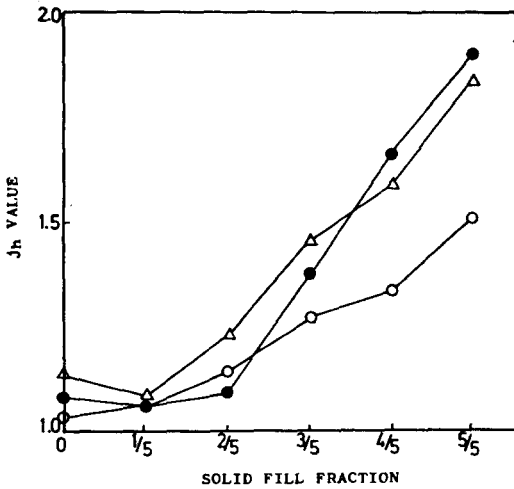


Fig. 3. j_h value of heat penetration curve(at 12 °C vs. solid fill fraction for various can sizes
 - ● - No. 301-7 - △ - No. 211-3
 - ○ - No. 301-3

운 것을 의미하고 있다.

Fig. 2는 각 가열온도에 따른 4호관 통조림의 고행량비에 대한 열침투곡선의 f_h 값의 변화를 나타내고 있다. 가열온도에 관계없이 고행량비가 감소함에 따라 f_h 값은 급격히 감소하여 고행량비 3/5에서 안정된 값을 취하는 경향이고 가열온도가 높을수록 f_h 값이 약간씩 낮은 값을 취하고 열침투속도가 약간 빨라지고 있음을 보여 주고 있다. 이는 가열온도가 고행량비에 따른 열전달형태에는 큰 변화를 주지 않는 것을 의미하고 가열온도가 높을수록 식품과 열매체간의 높은 온도차로 인하여 Nicholas등⁽⁹⁾에 의해 자연대류의 개시 진행의 지표로 제시되고 있는 가열중 관내의 부분들 사이의 밀도차가 커지고 이로 인해 대류열전달의 효과가 약간 크게 일어나고 있음을 나타내고 있다.

Fig. 3은 각 관형별 고행량비에 따른 j_h 값의 변화를 나타내고 있다. 4호관의 경우에 살균온도에 따른 j_h 값의 변화는 일정한 경향을 보여 주지 않고 비슷하였으며 버섯 4우스관과 휴대관과 함께 120°C에서 비교하였다. 4호관과 버섯 4우스관은 고행량비 5/5일 때 j_h 값 1.8~1.9 부근을 나타내어 유한원통의 전도열전달시 이론적인 j_h 값 2.0에 가까운 값을 보여 주고 있고 납작한 휴대관은 j_h 값 1.5부근으로서 무한평판의 전도열전달의 이론적인 j_h 값인 1.3에 가까워 지고 있어서⁽¹¹⁾ 대체적인 열전달형태가 전도에 의하여 이루어 지고 있음을 나타내고 있다. 그리고 고행량비가 감소함에 따라 j_h 값은

점점 감소하여 1.0부근에 접근하고 있어서 전도열전달에서 대류열전달로 열전달형태가 바뀌어 지고 있음을 보여 주고 있다.

열침투특성치에 따른 살균조건

주어진 열침투특성의 조건에서 121°C에서 조건별 살균시간을 계산하면 Fig. 4와 같다. 관형에 따라 경향에 큰 차이 없이 고행량비가 증가할수록 살균시간도 길어져서 고행량비 3/5까지는 완만히 또는 거의 증가하지 않다가 고행량비 4/5에서 부터 급격히 증가하였다. 이는 앞에서 살펴 본 f_h 값이 크게 영향을 미친 것으로 생각되고 경향도 Fig. 1과 비슷하다. 고행량비 4/5 이상에서 살균할 때는 살균시간이 너무 길게 되므로 품질 열화요인이 되고 있음을 알 수 있으며 따라서 품질보존의 측면에서 가능한 한 짧은 시간 동안 살균 하려면 관형에 크게 관계없이 고행량비 3/5이하로 고행물관리를 하여야 할 것으로 생각된다.

이러한 살균시간을 단위충진고형물 기준으로 비교하면 Fig. 5와 같으며, 이에서 보면 대체적으로 부피가 큰 관형일수록 단위고형물당 살균시간이 짧아 경제성을 보여 주고 있으며 고행량비가 5/1로 적을 때 단위고형물당 살균시간은 극히 길고 고행량비 2/5지점부터 많이 줄어 거의 같은 수준을 유지하나 고행량비 3/5지점이 가장 단위고형물당 살균시간이 짧고 있음을 보여 주고 있다. 고행량 대비 살균시간으로 볼 때는 고행량비 2/5이상에서는 무난하나 고행량비 3/5 지점이 가장

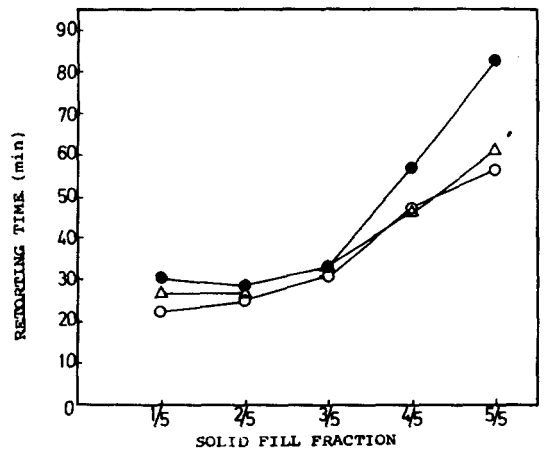


Fig. 4. Retorting time(at 121°C) vs. solid fill fraction for various can sizes
 - ● - No. 301-7 - △ - No. 211-3
 - ○ - No. 301-3

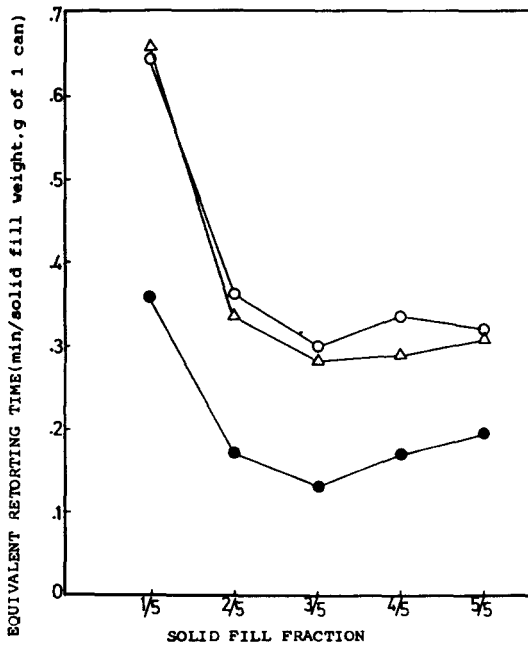


Fig. 5. Equivalent retorting time (at 121°C) vs. solid fill fraction for various can sizes
 -●- No. 301-7 -△- No. 211-3
 -○- No. 301-3

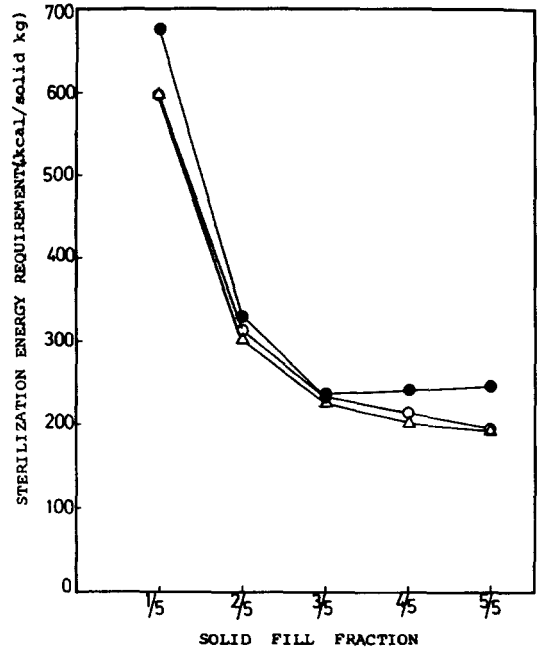


Fig. 6. Sterilization energy requirement vs. solid fill fraction for various can sizes
 -●- No. 301-7 -△- No. 211-3
 -○- No. 301-3

경제적임을 나타내고 있다.

각 관형별로 살균하는 데 소요되는 에너지를 고행물 기준으로 비교하면 Fig. 6 과 같으며 관형에 따라서 큰 차이 없이 고행량비가 1/5로 적을 때 큰 에너지가 소비되다가 고행량비에 따라서 감소하여 고행량비 3/5 이상부터 안정된 에너지소비를 보여 주고 있다. 따라서 살균에너지 소비 측면에서는 고행량비 3/5 이상이 되도록 살균하는 것이 경제적인 것으로 생각된다. 또한 일정공관에 될 수 있는 대로 많은 고행량을 충전하는 것이 높은 고행량비가 경제적인 당연한 또 하나의 사실로 된다.

위의 결과를 종합하여 품질보존 측면에서의 살균시간과 단위고행물당 살균시간, 단위고행물당 에너지소비, 공관비용의 측면에서 볼 때 고행량비 3/5 부근으로 고행량을 관리하여 살균하는 것이 적절한 품질의 제품과 능률있는 살균작업관리 및 적은 에너지 및 공관비용의 소비를 가져오는 최적의 조건으로 생각된다.

요 약

느타리버섯 통조림의 관형별 및 살균온도에 따른 중

전고행량별 열침투특성을 측정하고 이에 따른 제반 살균조건을 검토하였다. 고행량비가 감소함에 따라 f_h 값은 급격히 감소하다가 관형에 따른 특정 고행량비, 즉, 4호관의 경우 고행량비3/5, 버섯 4온스관의 경우 고행량비 2/5, 휴대관의 경우 고행량비 1/5 이하부터 안정된 값을 나타냈고 온도의 영향으로는 높은 가열온도에서 낮은 f_h 값으로 열전달이 약간 빠른 경향을 보여 주고 있었다. f_h 값으로 본 경향으로는 관형의 L/D 값이 클수록 높은 고행량비에서 전도에서 대류로 열전달형태가 바뀌어지고 있었고, j_m 값은 고행량비가 감소함에 따라 1.0에 가까워 지고 있었다. 열침투특성에 의해 결정되는 살균시간면에서는 품질보존을 고려하여 고행량비는 3/5이하로 관리되어야 하는 것으로 나타났다. 단위고행물당 살균시간으로 비교할 때 큰 관형일수록 작은 값을 보여 주고 고행량비 2/5 이상에서 안정된 작은 값을 나타내고 고행량비 3/5에서 가장 작은 값을 나타내었다. 단위고행물당 살균에너지소비 측면에서는 고행량비 3/5 이상이 경제적이었다. 위의 제반 살균조건면에서 전체적으로 고려할 때 관형에 관계없이 고행량비 3/5으로 조정하여 살균 가공함이 최적조건이었다.

문헌

1. 윤인화, 손영구 : 농공이용연구소 시험보고서, 621 (1978)
2. Oddson, L. and Jelen, P. : *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.*, 14, 36 (1981)
3. Hayakawa, K. I. : *Adv. Food Res.*, 23, 75 (1977)
4. Nicholas, R. C., Pflug, L. J. and Costilow, R. N. : *Food Technol.*, 11, 488 (1957)
5. Nicholas, R. C., Pflug, L. J. and Mulvaney, T. R. : *Food Technol.*, 12, 205 (1960)
6. Mulvaney, T. R., Nicholas, R. C. and Pflug, L. J. : *Food Technol.*, 12, 207 (1960)
7. Nicholas, R. C., Pflug, L. J. and Mulvaney, T. R. : *Food Technol.*, 12, 212 (1960)
8. Hiddink, J. : *Doctoral thesis*, Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, Netherlands (1975)
9. Jamieson, M. F. S. : *Manual of Programmes for Thermal Process Evaluation with the Texas Instruments T/59 Programmable Calculator*, FAO Regional Office for Latin America (1980)
10. 이동선, 박노현, 신희년, 신동화 : 한국식품 과학회지, 13, 328 (1981)
11. Olson, F. C. W. and Jackson, J. M. : *Ind. Eng. Chem.*, 34, 337 (1942)

(1984년 3월 20일 접수)