

두유의 마이크로파 고온단시간 살균시 살균효과 및 이화학적 성분 변화

김석신 · 이주희
가톨릭대학교 식품영양학과

Pasteurization Efficiency and Physico-chemical Changes of Soymilk HTST Pasteurized Using Microwaves

Suk Shin Kim and Joo Hee Lee

Department of Food Science and Nutrition, The Catholic University of Korea

Abstract

This work was to determine the microbial and physico-chemical changes of HTST-pasteurized soymilk using microwave energy. Soymilk was HTST pasteurized(at 90°C for 20 sec) by three methods: by heating in a stainless steel tube immersed in a hot water bath(MP0), by heating in a microwave cavity to a desired temperature and then holding in a hot water bath(MP1), and by both heating and holding in a microwave cavity(MP2). The microbial quality based on the total plate count was in the order of MP0, MP2 and MP1. The three samples pasteurized by different methods showed the similar microbial quality with respect to the coliform count, psychrotrophic bacterial count and phosphatase activity. The destruction of trypsin inhibitor was in the order of MP0, MP1 and MP2. There were no significant differences in pH, titratable acidity, viscosity and vitamin B₂ content before and after pasteurization and among the different pasteurization methods. The similar or higher quality retention of the MP1 or MP2 supports the possibility of using microwave energy for the HTST pasteurization of soymilk and other fluid food products.

Key words : soymilk, microwave, HTST pasteurization, microbial destruction, physico-chemical changes

서 론

두유는 인체에 필요한 지질, 단백질, 비타민, 무기질 등의 함량이 풍부할 뿐만 아니라 콜레스테롤 저하효과도 있는 우유대체 건강음료이다. 두유는 제조과정상 lipoxigenase나 trypsin inhibitor도 불활성화시켜야 하며 식품공전⁽¹⁾상 살균이나 멸균이 모두 가능한데 유통중 변질에 따른 위해방지를 위해 국내에서는 흔히 멸균된 제품을 판매하고 있다. 최근 식품유통에 cold chain system의 적용이 늘어남에 따라 두유를 살균하여 냉장 유통시킬 수 있는 가능성도 아울러 높아지고 있다. 살균(pasteurization)은 멸균과 달리 병원성 세균이나 식품변패균을 사멸시키기 위해 100°C이하에서 가열처리하는 것을 말하며 63°C에서 30분간 처리하는 회분식 저온살균(batch pasteurization)에서부터 온도를 높이고

살균시간을 단축하는 연속식 저온살균(continuous pasteurization)으로 바뀌고 있다^(2,3).

살균이나 멸균같은 열처리시 문제가 되는 것은 열교환기의 표면온도가 높아서 발생하는 fouling인데 이로 인해 열교환속도가 떨어질 뿐만 아니라 영양소 파괴나 가열취가 나는 등 제품에 좋지 않은 영향을 일으키게 된다⁽³⁾. 현재 열처리에 가장 많이 쓰이는 판상식 열교환기(plate heat exchanger)의 경우 열전달 촉진을 위해 내부에 주름이 많은 구조를 갖고 있어 이중관형보다 오히려 fouling이 형성되기 쉬운 관계로 품질이 더 저하될 수도 있다⁽⁴⁾.

이에 비하여 마이크로파에 의한 가열(microwave heating)은 식품에 함유된 물분자나 그 밖의 쌍극자 물질(dipoles)이 전기장의 교류에 따라 회전하면서 마이크로파 에너지를 열에너지로 전환시키는 내부가열(internal heating) 방식이므로 식품의 외부 온도를 상승시키지 않고 신속하게 가열할 수 있다. 즉, 마이크로파를 이용하여 열처리할 경우 fouling 발생을 극소화

Corresponding author : Suk Shin Kim, Department of Food Science and Nutrition, The Catholic University of Korea, Buchon, Kyonggi-do 422-743, Korea

시키면서 균을 사멸시킬 수 있어 향, 영양성분 등 품질의 보존효과가 크리라 예상되며 별도의 연료사용없이 전기에너지만을 이용함으로써 최근 관심이 높은 환경측면에서도 바람직한 잇점이 있다⁽⁵⁻¹⁰⁾.

마이크로파를 이용한 살균에 대한 연구는 주로 연속식 살균 연구에 치중되어 있는데 우유를 중력에 의해 유리관 내부를 흐르도록 하여 이를 마이크로파로 82°C에서 살균한 경우나 가압시스템을 활용하여 200°C에서 0.1초간 초고온 살균(UHT)한 경우 등이 보고되어 있으나 활용되지 않고 있고^(4,9-10), 두유의 경우 마이크로파 살균에 관한 연구는 전무한 실정이다.

본 연구팀은 두유살균 예비실험에서 90°C, 20초간 고온단시간(HTST)살균할 경우 살균우유와 비슷한 균 사멸효과를 얻을 수 있는 것을 확인하였다. 이에따라 본 연구에서는 연속식 마이크로파 HTST 시스템을 사용하여 두유를 90°C, 20초의 HTST법으로 살균하되 마이크로파만을 활용한 경우와 마이크로파로 온도를 올린 후 열수에서 holding한 경우와 열수만을 이용한 세 가지 경우로 구분하여 행하였다. 그리고 세가지 방법으로 처리한 두유의 살균전후 품질을 총생균수, 대장균수, 저온성세균수 및 phosphatase 활성의 미생물의 사멸효과와 pH, 적정산도, 점도, 비타민 B₁, 비타민 B₂, trypsin inhibitor의 이화학적 특성변화로 나누어 비교해 보았다.

재료 및 방법

재료 및 전처리

선별한 대두 700 g에 증류수 1 L를 가해 25°C에서 18시간동안 침지한 후 1시간 가량 탈수하고 세척하였다. 침지전 대두 무게의 8배에 해당하는 물을 가해 물에 불은 대두를 믹서기로 실온에서 2분간 마쇄하였으며 마쇄된 시료액을 100 mesh의 체로 사별하여 시료로 사용하였다.

우유의 살균실험 및 살균전후 시스템 처리

본 연구의 살균실험에서는 본 연구팀이 직접 설계·제작한 연속식 마이크로파 HTST 살균시스템(Microwave HTST Pasteurizing System, model MPS-1, The Catholic Univ. of Korea)을 사용하였다. 이 마이크로파 살균기는 가정용 마이크로파 오븐(모델 RE-700W, 2450 MHz, 800 W, 삼성전자), 테프론 관(teflon tube), peristaltic pump(model 302S, Watson-Marlow Ltd., England), thermocouple probe(한영전자), data logger (Datascan 7000, Measurement Systems Ltd., U.K), PC 및 on-off

controller (DX7-KMWNR, 한영전자)로 구성되어 있다.

두유의 HTST살균실험은 90°C, 20초를 기준으로 다음의 세가지 방법으로 행하였다. 첫번째 방법은 일반적인 열수를 사용한 HTST살균법 (MP0)⁽¹¹⁾으로서 다음과 같이 행하였다. 100°C의 수조와 90°C의 수조에 내경 2 mm의 스테레스 관(stainless steel tube)을 담근 후 펌프로 관 내부를 통해 두유를 이송하며 100°C의 수조에서 신속하게 90°C로 가열한 후 90°C의 수조를 20초간 통과시킨 다음 얼음조에서 급냉시켰다. 이때 두유의 유속은 5 mL/min이었고 수조에 담그는 스테레스관의 길이는 예비실험을 통해 조절하였다. 두번째 방법은 마이크로파로 가열하고 90°C의 수조에서 20초간 유지하는 HTST살균법(MP1)으로서 마이크로파로 우유 온도를 90°C로 올린 후 90°C의 수조에 20초간 통과시키고 얼음조에서 급냉시켰다. 이때 두유의 유속은 45 mL/min이었고 전자렌지안의 테프론 관의 길이는 예비실험을 통해 조절하였다. 세번째 방법은 마이크로파만을 이용한 HTST살균법(MP2)으로서 마이크로파 cavity 내에서 우유의 온도를 90°C로 상승시킨 후 20초간 유지시키고 얼음조에서 급냉하였다. 이때 우유의 유속은 45 mL/min이었고 전자렌지안의 테프론 관의 길이는 예비실험을 통해 조절하였다.

살균실험 후 시스템을 세척(CIP cleaning)하기 위해 60°C의 증류수를 40분간 peristaltic pump로 순환시킨 후, 60°C의 1% NaOH용액으로 40분, 다시 60°C의 증류수로 20분, 20°C의 증류수로 20분, 60°C의 0.5% HCl용액으로 40분, 60°C의 증류수로 40분, 20°C의 멸균증류수로 20분간 순환시켰다. 사용을 잠시 멈출 경우 테프론 관의 양쪽 입구를 면전한 후 autoclave에서 멸균한 뒤 살균실험 전후로 위 세척과정을 반복하였다.

두유의 살균전후 미생물균수 측정

두유의 살균전후 미생물균수 측정실험은 총생균수(total plate count), 대장균수(coliform bacterial count), 저온성세균수(psychrotrophic bacterial count)로 구분하여 다음과 같이 행하였다.

총생균수 : AOAC⁽¹²⁾의 방법으로 plate count agar 배지에 접종하여 32°C에서 48시간 배양한 후 집락을 계수하였다.

대장균수 : AOAC⁽¹²⁾의 방법으로 deoxycholate lactose agar 배지에 접종하여 32°C에서 48시간 배양한 후 집락을 계수하였다.

저온성세균수 : AOAC⁽¹²⁾의 방법으로 plate count agar 배지에 접종하여 7°C에서 10일간 배양한 후 집락을 계수하였다.

두유의 살균전후 phosphatase activity 측정

두유 살균의 적정성 판단을 위해 미생물 실험과 별도로 살균지표로 활용되는 phosphatase activity를 AOAC⁽¹²⁾의 방법으로 측정하였다. 2개의 시험관(15×100 mm)에 각각 1 mL의 시료를 넣고 37°C로 가열한 후 한 시험관에는 한방울의 기질용액(phenolphthalein monophosphate, pH 10)을 가하고 다른 시험관에는 한방울의 표준용액(phenolphthalein-tartrazine)용액을 가했다. 그 다음 각 시험관을 잘 섞고 37°C에서 30분간 배양한 다음 두 시험관에 각각 2.5 N NaOH를 한방울씩 넣어 다시 잘 섞은 후 색을 비교하여 phosphatase 양성 또는 음성으로 판정하였다.

두유의 살균전후 pH 및 적정산도의 측정

두유의 pH는 pH meter(Mettler Toledo, model 320, UK)를 이용해 측정하였으며 적정산도는 두유 10 mL에 물 10 mL를 섞고 0.1% phenolphthalein용액을 0.5 mL 가한 다음 0.1 N NaOH를 사용하여 30초간 홍색이 지속될 때까지 적정한 후 다음 식에서 젖산(%)으로 환산하여 구했다.

$$\text{적정산도(\%)} = \frac{0.1 \text{ N NaOH (mL)} \times \text{factor} \times 0.009 \times 100}{10 \times \text{시료의 비중}}$$

두유의 살균전후 점도의 측정

두유의 점도는 Ostwald식 점도계를 이용하여 25°C에서 시료가 내려가는 시간을 측정하여 다음의 계산식에 의해 구하였다.

$$\eta = \eta_0 \frac{d \cdot t}{d_0 \cdot t_0}$$

여기서 η = 시료의 점도, η_0 = 물의 점도, d = 시료의 밀도, d_0 = 물의 밀도, t = 시료의 낙하시간, t_0 = 물의 낙하시간이다.

두유의 살균전후 비타민 B₁의 측정

AOAC법⁽¹²⁾으로 두유를 0.1 N HCl로 pH 4.0으로 보정한 후 121~123°C에서 30분간 autoclave한 다음 방냉하여 0.2 µg thiamine/mL이 되게 0.1 N HCl로 희석하였다. thiamine이 10~25 µg 포함되게 희석액을 취한 후 0.1 N HCl로 65 mL로 희석하고 2 N sodium acetate 용액 5 mL로 pH 4.0~4.5로 보정하였다. 여기에 5 mL의 α -amylase를 가하여 섞은 후 45~50°C에서 3시간 incubation하였다. 방냉후 pH 3.5로 보정하고 증류수로

100 mL로 정용한 후 여과하여 시료액으로 사용하였다. 시료액 5 mL가 든 시험관에 3 mL의 oxidizing reagent를 가하고 잘 섞은 후 즉시 13 mL의 isobutanol을 넣고 뚜껑을 한 다음 15초 동안 격렬하게 흔들었다. 대조실험으로는 oxidizing reagent 대신 15% NaOH를 3 mL 가해 0.1 mg% thiamine 표준 용액을 가지고 위와 동일한 과정을 거친후 2분간 시험관을 흔들고 상층액 10 mL을 취해 형광분광광도계(Spectrofluorophotometer, Shimadzu, model RF-1501, Japan)를 이용하여 365~435 nm에서 형광도를 측정한 후 다음 식으로 구하였다.

$$\mu\text{g thiamine} \cdot \text{HCl}/5 \text{ mL 시료액} = (I-b)/(s-d)$$

여기서 I = 산화된 시료의 isobutanol 추출액의 형광도, b = 15% NaOH용액을 가한 시료액의 형광도, s = 산화된 표준용액의 형광도, d = 15% NaOH를 가한 thiamine 표준용액의 형광도이다.

두유의 살균전후 비타민 B₂의 측정

AOAC법⁽¹²⁾을 적용하여 시료를 0.1 N HCl로 pH 5.0~6.0으로 보정하여 riboflavin함량이 0.1 mg/mL가 되게 증류수로 희석한 후 시료 100 mL당 1.0 mL의 10 N HCl을 가하여 121~123°C에서 30분간 autoclave하였다. 방냉한 후 0.1 N NaOH로 중화한 후 pH 4.5까지 0.1 N HCl을 가하고 riboflavin함량이 0.1 µg/mL 이상이 되게 희석한 후 여과하여 시료로 사용하였다. 시험관에 시료 10 mL를 가한 후 riboflavin(1 µg/mL)용액을 1 mL 가하고 다른 시험관에는 1 mL의 증류수를 가한 다음 잘 섞었다. 여기에 1 mL acetate를 가하여 섞은 후 0.4% KMnO₄ 용액 0.5 mL를 가하고 2분간 방치한 후 3% H₂O₂를 0.5 mL 가하여 잘 섞은 다음 형광분광광도계(Spectrofluorophotometer, Shimadzu, model RF-1501, Japan)를 이용하여 440~565 nm의 파장에서 형광도를 측정하여 다음 식으로 계산하였다.

$$\text{mg riboflavin/mL final sample solution} = \frac{[(\text{rmB}-\text{C})/(\text{X}-\text{C})] \times 0.1 \times 0.001}{\text{증류수} + \text{시료액의 형광도}}$$

여기서 X = riboflavin 표준용액+시료액의 형광도, B = 증류수+시료액의 형광도, C = 20 mg Na₂S₂O₄를 가한 증류수+시료액의 형광도이다.

두유의 살균전후 trypsin inhibitor의 측정

Amal Rouhama 등⁽¹³⁾의 방법이 따라 두유를 pH 8.2 buffer (50 mM Tris-HCl, 20 mM CaCl₂)로 40~65% trypsin inhibition이 얻어지도록 희석하였다. 이 희석액

100 μL에 1 mM HCl 50 μL를 가하고 10 μg bovine trypsin을 첨가하여 37°C에서 10분간 incubation하였다. BAPNA (21.8 mg/dimethylsulfoxide 1 mL)를 Tris buffer로 37°C에서 100 mL 희석한 후 이 기질용액을 trypsin-trypsin inhibitor 혼합액에 빨리 가하고 spectrophotometer를 이용하여 410 nm에서 흡광도를 측정하였다.

통계처리

SAS program의 ANOVA/ DUNCAN을 이용하여 각 항목별 실험군 사이의 유의차를 검정하였다(p<0.05).

결과 및 고찰

살균방법에 따른 총생균수의 비교

두유의 HTST 살균 결과를 통상적 열수살균법(MP0)과 마이크로파로 승온시킨 후 열수에서 holding하는 방법(MP1)과 마이크로파 살균법(MP2)의 3가지로 구분하여 Fig. 1에 나타내었다. 3가지 HTST 살균법 모두 살균후 초기균수의 4 log 정도 감소하는 살균효과를 보여주었다. 살균방법별 살균효과는 MP0>MP1>MP2의 순서를 보였으며 통계적 유의차(p<0.05)도 있는 것으로 나타났으나 두유의 초기 총균수와 함께 통계처리할 경우는 살균방법 간의 유의차가 없는 것으로 확인되었다. 따라서 마이크로파 병용법(MP1) 또는 마이크로파 단독처리법(MP2)을 활용할 경우 통상적 HTST법에서 문제가 될 수 있는 fouling을 방지하면서도 상법

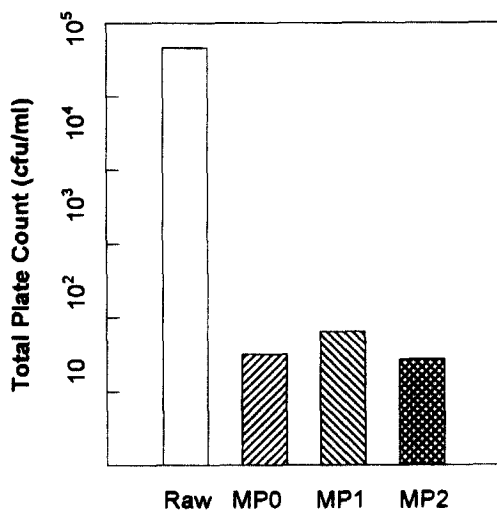


Fig. 1. Comparisons of total plate count of soymilk HTST pasteurized by different methods. (Raw: raw milk, MP0: hot water heating & holding, MP1: microwave heating & hot water holding, MP2: microwave heating & holding)

Table 1. Comparisons of coliform counts, psychrotrophic bacterial counts and phosphatase activity of soymilk pasteurized by different methods

| Pasteurization methods ¹⁾ | Coliform counts | Psychrotrophic bacterial counts | Phosphatase activity |
|--------------------------------------|-----------------------|---------------------------------|----------------------|
| Raw | 6.2 × 10 ³ | 2.5 × 10 ¹ | + |
| MP0 | - | - | - |
| MP1 | - | - | - |
| MP2 | - | - | - |

¹⁾Raw: raw soymilk, MP0: hot water heating & holding, MP1: microwave heating & hot water holding, MP2: microwave heating & holding

과 거의 대등한 살균효과를 얻을 수 있을 것으로 예상되었다.

살균방법에 따른 대장균수, 저온성 세균수, phosphatase activity의 비교

Table 1에 대장균수, 저온성 세균수 및 phosphatase activity 측정결과를 살균방법별로 나타내었다. 대장균의 경우 세가지 HTST 살균법 모두 살균후 두유의 배양실험에서 대장균 집락이 확인되지 않았기 때문에 세가지 살균법의 살균효과가 대등함을 알 수 있었다. 저온성 세균의 경우도 세가지 살균법 모두 살균후 집락이 확인되지 않았고 적정살균여부를 판단하는 지표가 되는 phosphatase activity 역시 세가지 살균법 모두 살균후 음성(negative)인 것으로 나타나 모두 적정살균이 있음을 확인시켜 주었다. 따라서 마이크로파와 온수 holding 병용(MP1) 또는 마이크로파 단독처리(MP2)를 활용할 경우 통상적 HTST살균과 대등한 살균 효과를 얻을 수 있을 것으로 예상하였다.

살균방법에 따른 trypsin inhibitor activity의 변화 비교

Fig. 2에 두유의 trypsin inhibitor activity의 변화를 살균방법별로 나타내었다. 잔류하는 trypsin의 양이 많을수록 trypsin inhibitor가 많이 불활성화되었다는 것을 의미하는데 세가지 살균방법 모두 80%이상의 trypsin 잔존율을 보여 trypsin inhibitor가 효과적으로 불활성화 되었음을 알 수 있었다. 불활성화 효과는 MP0>MP1>MP2의 순서를 보였으며 통계적 유의차(p<0.05)도 있는 것으로 나타났으나 두유의 초기 trypsin 잔존율과 함께 통계처리할 경우는 살균방법 간의 유의차가 없는 것으로 확인되었다. 결과적으로 마이크로파와 온수 holding 병용(MP1) 또는 마이크로파 단독처리(MP2)를 활용할 경우 통상적 HTST살균과 대등한 trypsin inhibitor 불활성화 효과를 얻을 수 있을 것으로 예측되었다.

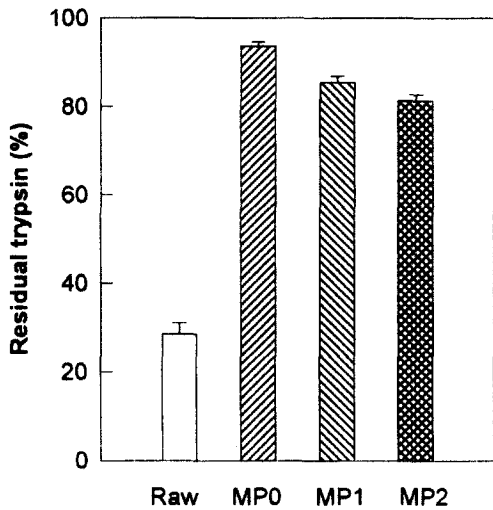


Fig. 2. Comparisons of trypsin inhibitor activity of soymilk HTST pasteurized by different methods. (Raw: raw milk, MP0: hot water heating & holding, MP1: microwave heating & hot water holding, MP2: microwave heating & holding)

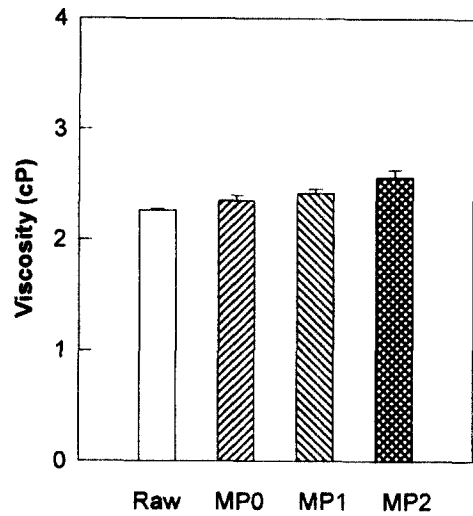


Fig. 3. Comparisons of viscosity of soymilk HTST pasteurized by different methods. (Raw: raw milk, MP0: hot water heating & holding, MP1: microwave heating & hot water holding, MP2: microwave heating & holding)

Table 2. Comparisons of pH and titratable acidity of soymilk pasteurized by different methods

| Pasteurization methods ¹⁾ | pH | Titratable acidity (%) |
|--------------------------------------|-----------------|------------------------|
| Raw | 6.6475 ± 0.0171 | 0.1785 ± 0.0026 |
| MP0 | 6.5860 ± 0.0134 | 0.1641 ± 0.0023 |
| MP1 | 6.7620 ± 0.013 | 0.1665 ± 0.0016 |
| MP2 | 6.7300 ± 0.0071 | 0.1683 ± 0.0009 |

1) Raw: raw soymilk, MP0: hot water heating & holding, MP1: microwave heating & hot water holding, MP2: microwave heating & holding

살균방법에 따른 적정산도 및 pH의 변화 비교

두유의 HTST 살균전후 적정산도와 pH 측정 결과를 살균방법별로 구분하여 Table 2에 나타내었다. 두유의 적정산도는 살균전후 큰 차이가 관찰되지 않았으며 살균방법별로도 유의차가 관찰되지 않았다. 일반적으로 적정산도는 미생물의 증식에 따라 증가하나 동일한 시료의 경우 살균으로 미생물 수가 감소하더라도 산도가 변화되는 것은 아님을 알 수 있었고, 살균처리방법별로 차이가 날 경우 Maillard 반응에 의한 amino기의 감소에 따른 carboxyl기의 상대적 노출 증가라 할 수 있겠지만 그러한 미세한 차이는 적정산도를 측정해서는 알 수 없다는 것을 확인할 수 있었다. 두유의 pH 역시 적정산도의 경우처럼 살균전후 큰 차이가 관찰되지 않았으며 살균방법별로도 유의차가 관

찰되지 않았다. pH는 적정산도와 관계가 깊으면서도 두유자체의 완충작용때문에 비례적으로 변화하지 않기 때문에 살균에 따른 이화학적 지표로 활용하기에는 무리가 있다는 것을 알 수 있었다.

살균방법에 따른 점도의 변화 비교

두유의 현탁안정성이나 관능적 특성과 관계가 있는 두유의 점도의 변화를 살균방법별로 Fig. 3에 나타내었다. Fig. 3에 나타나 있듯이 두유의 점도는 살균전후 큰 차이가 관찰되지 않았으며 살균방법별로도 유의차가 없는 것으로 나타났다. 가열살균 후 점도의 변화가 크지 않은 것은 가열처리에 따른 단백질의 변성 등이 크지 않았음과 처리방법별 효과가 거의 같았음을 간접적으로 시사해 주었다.

살균방법에 따른 비타민 B₁의 변화 비교

열에 약한 수용성 비타민 B₁에 대한 살균전후 변화를 각 살균방법별로 측정하여 Fig. 4에 나타내었다. 비타민 B₁은 MP0의 경우 살균전 기준 58%의 높은 파괴율을 보였으며 MP1의 경우는 25%의 낮은 파괴율을 보였고 MP2의 경우는 37%의 파괴율을 보였다. 이로부터 마이크로파로 승온시킨 후 holding하는 병용법(MP1) 또는 마이크로파 단독처리(MP2)를 활용할 경우 통상적 HTST방법보다 비타민 B₁과 같이 열에 약한 비타민의 파괴율을 크게 낮출 수 있을 것으로 생각되었다.

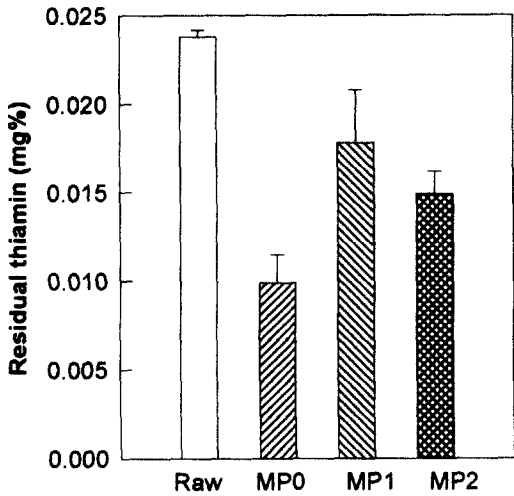


Fig. 4. Comparisons of thiamin content in soymilk HTST pasteurized by different methods. (Raw: raw milk, MP0: hot water heating & holding, MP1: microwave heating & hot water holding, MP2: microwave heating & holding)

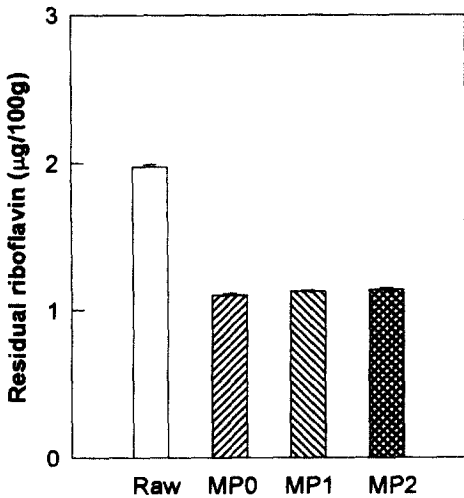


Fig. 5. Comparisons of riboflavin content in soymilk HTST pasteurized by different methods. (Raw: raw milk, MP0: hot water heating & holding, MP1: microwave heating & hot water holding, MP2: microwave heating & holding)

살균방법에 따른 비타민 B₂의 변화 비교

열이나 빛에 약한 수용성 비타민 B₂에 대한 살균전 후 변화를 각 살균방법별로 측정하여 Fig. 5에 나타내었다. 비타민 B₂는 MP0, MP1, MP2 모두 살균전 기준 42~44%의 비슷한 수준의 파괴율을 보였다. 따라서 마이크로파를 활용하여 살균할 경우 통상적 HTST 살균과 대등한 비타민 B₂ 보유효과를 얻을 수 있을 것

으로 예측되었다.

요 약

마이크로파를 이용한 두유의 HTST저온살균시 미생물의 사멸효과와 이화학적 성분 변화를 상법과 비교하고자 하였다. 이때 HTST(90°C, 20초)법으로 살균된 열수만을 이용한 경우(MP0)와 마이크로파로 온도를 올린 후 열수에서 holding한 경우(MP1)와 마이크로파만을 활용한 경우(MP2)의 세가지 경우로 구분하여 살균전후 변화를 비교해 보았다. 총균수의 경우 세가지 HTST 살균법 모두 살균후 초기균수의 4 log 정도 감소하는 살균효과를 보여주었고 살균효과는 MP0>MP1>MP2의 순서를 보였다. 대장균과 저온성세균 및 phosphatase activity의 경우 세가지 HTST 살균법 모두 살균후 우유의 배양실험에서 집락이 확인되지 않거나 살균후 음성(negative)인 것으로 나타났다. 세가지 살균방법 모두 80%이상의 trypsin 잔존율을 보여 trypsin inhibitor가 효과적으로 불활성화되었음을 알 수 있었으며 불활성화 효과는 MP0>MP1>MP2의 순서를 보였다. 두유의 pH와 적정산도, 점도 및 비타민 B₂의 경우 살균전후 큰 차이가 관찰되지 않았으며 살균방법별로도 차이가 없었다. 이로부터 마이크로파로 승온시킨 후 holding하는 병용법(MP1)이나 마이크로파 단독처리(MP2)를 활용할 경우 통상적 HTST방법(MP0)보다 우수하거나 대등한 살균효과 및 이화학적 품질보존효과가 있을 것으로 생각되었다. 이러한 연구결과는 다른 액상식품의 살균연구에도 확대 적용할 수 있으리라 기대된다.

감사의 글

본 연구는 1996년도 한국과학재단 핵심전문연구(KOSEF 961-0605-038-2)에 의해 수행된 연구결과의 일부이며 연구비지원에 감사드립니다.

문 헌

1. Ministry of Health and Welfare, Korea. Food Manual, Seoul, Korea (1995)
2. Ramaswamy, H.S., Ghazala, S. and van de Voort, F.R. Degradation kinetics of thiamin in aqueous systems at high temperatures. Can. Inst. Food Sci. Technol. J. 23: 125-129 (1990)
3. Kudra, T., van de Voort, F.R., Raghavan, G.S.V. and Ramaswamy, H.S. Heating characteristics of milk constituents in a microwave pasteurization system. J. Food

- Sci. 56: 931-934, 937 (1991)
4. Mullin, J. Microwave processing. In *New Method of Food Preservation*. Gould, G.W. (ed.), Blackie Academic and Professional, London, UK (1995)
 5. Mudgett, R.E. Microwave properties and heating characteristics of foods. *Food Technol.* 40(6), 84-89 (1986)
 6. IFT. Microwave food processing. *Food Technol.* 43(1), 117-126 (1989)
 7. Giese, J. Advances in microwave food processing. *Food Technol.* 46(9), 118-122 (1992)
 8. Decareau, R.V. *Microwaves in the Food Processing Industry*. Academic Press, New York, USA (1985)
 9. Rosenberg, U. and Bogl, W. Microwave pasteurization, sterilization, blanching, and pest control in the food industry. *Food Technol.*, 41(6), 92-98, 121 (1987)
 10. Mudgett, R.E. and Schwartzberg, H.G. Microwave food processing: pasteurization and sterilization-a review. *AIChE Symposium Series* (No. 218) 78: 1-11 (1982)
 11. Dhar, J., Fichtali, J., Skura, B.J., Nakai, S. and Davidson, A.G.F. Pasteurization efficiency of a HTST system for human milk. *J. Food Sci.*, 61, 569-572, 595 (1996)
 12. AOAC International. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 16th ed., Aelington, Virginia, USA (1995)
 13. Rouhana, A., Adler-Nissen, J., Cogan, U. and Frokier, H. Heat inactivation kinetics of trypsin inhibitors during high temperature short time processing of soymilk. *J. Food Sci.*, 61, 265-269 (1996)

(1998년 5월 13일 접수)