

## 상온 보관 주먹밥의 유통연장을 위한 마이크로파 살균기술 및 포장기술에 관한 연구

배영민 · 이선영<sup>†</sup>  
중앙대학교 식품영양학과

### Effect of Microwave Treatment and Packaging Methods on Extending the Shelf-Life of RTE Rice Balls at Room Temperature

Young-Min Bae and Sun-Young Lee<sup>†</sup>

Department of Food and Nutrition, Chung-Ang University

#### Abstract

Although the demand of ready-to-eat (RTE) foods such as *Kimbab* is growing, large quantities and wide distribution of these foods is difficult due to their short shelf-life, exposed packaging with hygienic risk, and decreased quality at refrigerator temperatures. This study was undertaken to develop preservation and storage methods to extend the shelf-life of RTE rice products using microwave and packaging methods such as vacuum and modified atmosphere packages. RTE rice ball samples inoculated with *Escherichia coli*, *Salmonella* Typhimurium, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* or *Bacillus cereus* were microwave treated for 0, 30, 60, 90 and 120 seconds. Populations of pathogens on the rice balls were significantly reduced with an increase in treatment time. There were more than 5 log reductions of all pathogens when the samples were microwave treated for 60 seconds. RTE rice balls inoculated with two pathogens (*S. aureus* and *B. cereus*) were packaged via air, vacuum, N<sub>2</sub> gas, and CO<sub>2</sub> gas following microwave treatment for 90 seconds. The initial *S. aureus* and *B. cereus* concentration before treatment was 7.60 and 6.59 log CFU/g, and these levels were reduced by 3.37 and 2.18 log CFU/g after microwave treatment. The levels of pathogens were significantly increased during storage time at room temperature. CO<sub>2</sub> packaging was the most effective at inhibiting microbial growth among the tested packaging methods. The levels of total mesophilic count, *S. aureus* and *B. cereus* after 5 days of storage were 7.7, 8.8 and 9.3 log CFU/g in air packaged samples and 2.4, 3.2 and 8.3 log CFU/g in CO<sub>2</sub> gas packaged samples, respectively. However, after 3 days of storage higher levels of *B. cereus* were observed in all samples, indicating that the samples were not safe to be consumed. Base on these results, microwave treatment and MAP packaging methods using CO<sub>2</sub> gas could be used as a potential method for extending the shelf-life of RTE foods.

**Key words:** microwave, RTE rice product, MAP packaging method, pathogen

## 1. 서론

국민 생활수준이 향상되고 식생활 양식이 변화하여 간편성을 추구하게 되면서 편의식품과 즉석조리식품(ready-to-eat food; RTE)이 인기를 끌고 있다(Park SY 등 2005). 그 중 대표적인 즉석조리식품인 김밥 등의 즉석조리식품은 영양을 고루 갖춘 도시락 또는 간식으로써 일상에서 쉽게 구입하여 섭취하는 것이 일반화 되었으며 최근 그

공급과 수요가 증가되고 있다(Park SY 등 2005). 하지만 이러한 즉석조리식품의 편리함과 우수한 영양에도 불구하고, 제조과정 중 다양한 원료를 사용하고, 손을 많이 거치는 복합조리의 특징 때문에 교차오염의 가능성이 높아 미생물의 오염이 쉽게 발생할 수 있으며, 영양성분과 수분활성이 높아 오염된 미생물 증식이 용이하여 식품위생상 식인성 병해를 일으키기 쉽다는 문제점이 있다(Kim EJ 등 2008). 실제로 최근 4년간 식중독 발생 통계에 따르면 즉석조리식품에 의한 식중독 발생 건수는 해마다 꾸준히 증가하고 있다(2004-27.5%, 2005-26%, 2006-27.6%, 2007-17.7%, KFDA 2008). 특히, 유원지나 터미널에서 판매되는 김밥의 위생점검 결과 총 77개의 김밥 중 21개에서 식중독 균이 검출되었으며, 원인균으로는 *Staphylococcus*

<sup>†</sup>Corresponding author: Sun-Young Lee, Department of Food and Nutrition, Chung-Ang University  
Tel: 031-670-4587  
Fax: 031-676-8741  
E-mail: nina6026@cau.ac.kr

*aureus*와 *Bacillus cereus*가 검출되었다(KFDA 2008). 2009년의 위생검사에서도 *S. aureus*는 최대 440 CFU/g, *B. cereus*는 최대 260,000 CFU/g이 검출되었다(KFDA 2009). 김밥의 식중독 위험을 고려한 시중 유통 김밥의 유통기한에 관한 연구에 따르면 10°C에 저장 시는 27시간, 20°C에 저장 시는 3시간 그리고 30°C에 저장 시는 2시간 등으로 10°C라는 저온저장을 제외하고, 실온에서는 하루도 채 되지 않는 아주 짧은 유통기한을 보이고 있다(Kwak TK와 Kim SH 1996). 하지만 김밥 및 주먹밥처럼 밥을 재료로 한 제품의 경우 4°C 정도의 냉장보관을 하였을 때, 미생물의 생육을 억제하는 효과는 있다고 하더라도 전분의 노화로 인하여 품질이 급격히 떨어지고, 경화작용으로 인하여 관능적 질감이 크게 감소되는 특성을 가지고 있다(Zhou 등 2003). 따라서 밥을 주재료로 하는 복합조리식품의 경우 상온 보관 시에는 미생물적인 부패가 일어나기 쉬우며, 저온 보관 시에는 품질의 저하로 인하여 장기유통이 현재까지는 거의 불가능한 상황에 있다.

현재까지 유통되고 있는 주먹밥 및 김밥의 포장법을 살펴보면 일반주먹밥의 경우 호일이나 비닐에 쌓여있고 삼각 김밥 역시 밀봉되지 않는 비닐에 쌓여있어 각종 오염에 노출이 쉽고, 저장기간 동안 수분의 손실을 통하여 노화가 쉽게 일어날 수 있는 형태로 되어있다. 하지만 최근에 개발된 즉석 조리밥의 경우, 멸균된 상태에서 밀봉포장이 되어 있어, 상온에 장기간 보관이 가능하도록 제작되어 판매되고 있다. 또한 최근 편의점에 주로 유통되고 있는 삼각 김밥의 경우도 밀봉이 가능한 포장지가 개발되어 기존 공기가 통하는 포장법의 단점을 극복하려는 시도가 이루어지고 있다. 따라서 복합조리식품인 김밥 등도 오염된 미생물을 멸균하거나 수분을 낮춘 뒤, 완전 밀봉을 할 수 있는 포장법을 활용한다면 기존의 포장 및 유통방법에 비해 상온에서 보다 장시간 저장할 수 있는 제품의 개발이 가능하리라 사료된다.

마이크로웨이브를 사용한 식품조리기술은 식품의 가공과 조리, 건조, 냉동식품의 해동, 과자 살균 등과 같이 식품업계를 비롯하여 각종 산업계에서 가열이나 살균을 위한 목적으로 다수 이용이 되고 있으며 기존의 열, 가스 혹은 방사선에 의한 살균법들을 대신할 수 있는 새로운 방법 중 하나로 부상하고 있다(Lim SI 1996). 또한 마이크로파는 순간적으로 물체에 침투하여 열로 변화시키기 때문에 단시간에 가열이 가능하고 열효율이 높아 기존의 일반적인 가열살균법을 비롯한 다른 살균방법보다 살균 효과가 크고 저장성이 좋다(Lim SI 1996). 따라서 본 실험에서는 밥을 주원료로 한 즉석조리식품을 상온에서 장시간 저장하도록 할 수 있는 기술을 개발하기 위하여 주먹밥을 대상으로 마이크로파 처리의 미생물 살균효과를 분석하고, 진공 혹은 기체조절 포장법을 이용하여 포장한 뒤 포장조건에 따른 상온에서의 미생물학적 품질 변

화를 검토하였다.

## II. 실험재료 및 방법

### 1. 실험재료 및 사용균주

본 실험에서 사용한 주먹밥은 2009년 4월부터 6월까지 경기도 안성시 소재의 일반 분식점에서 유통되는 것으로 사용하였으며, 밥, 계란, 우영, 단무지, 김, 깨소금, 참기름을 원료로 제조된 중량 약 40 g의 것을 시료로 하였다.

실험에 사용된 균주는 마이크로파의 살균효과분석을 위하여 5가지 병원성세균(*Escherichia coli* ATCC 25922, *Salmonella enterica* serovar Typhimurium ATCC DT104 killercow, *Listeria monocytogenes* ATCC 7644, *Staphylococcus aureus* ATCC 12600, *Bacillus cereus* ATCC 10876)과 포장법에 따른 미생물증식억제효과를 알아보기 위해 각각 3종의 *S. aureus* (ATCC 12600, ATCC 12692 및 ATCC 49444)와 *B. cereus* (ATCC 10876, ATCC 13061 및 W-1)를 사용하였다. 실험에 사용한 모든 균주는 중앙대학교 식품영양학과 식품미생물 연구실에서 보관중인 것을 사용하였으며 각각의 균주는 Tryptic soy agar (TSA; Difco, Becton Dickinson, Sparks, MD, USA)에 접종하여 37°C에서 24시간 동안 배양한 뒤, 4°C 보관하면서 사용하였다.

마이크로파의 살균효과처리를 위해 멸균백(AVR 008, thickness 70  $\mu\text{m}$ : nylon 15  $\mu\text{m}$  and polyethylene 55  $\mu\text{m}$ , oxygen permeability 55 cc  $\mu\text{m}^2/\text{kPa d m}^2$  at 23°C and 60% relative humidity, CSE Co., Ansansi, Korea) 및 가정용 전자레인지(2450 MHz, MH-617S, LG, Korea)를 사용하였다. 미생물 검출을 위한 배지로는 총균수는 Petrifilm Aerobic Count Plate (3M, Korea)을 사용하였고, *E. coli*은 MacConkey agar (MAC; Difco), *S. Typhimurium*는 Xylose lysine desoxycholate agar (XLD; Difco), *L. monocytogenes*는 Bacto™ Oxford antimicrobial supplement (Difco)을 첨가한 Oxford agar base (OAB; Difco), *S. aureus*는 egg yolk-tellurite emulsion (Oxoid, Ogdensburg, NY, USA)을 첨가한 Baird-Parker Agar Base (BPA; Difco), *B. cereus*은 egg yolk, selective supplement (Oxoid)을 첨가한 *Bacillus cereus* selective agar base (BCSA; Oxoid)을 사용하였다.

### 2. 주먹밥 준비 및 미생물 접종

각각의 처리를 위해 주먹밥을 약 20 g씩으로 분리한 후 실험에 이용하였다. 주먹밥에 균을 접종하기 위해 각각의 균주를 5 mL Tryptic soy broth (TSB; Difco)를 이용하여 37°C에서 24시간 동안 배양한 뒤 배양액을 5 mL centrifuge tube에 담은 후 4°C에서 8,000  $\times$  g의 조건으로 10분간 원심 분리하여 균체(cell pellet)만 수거하였다. 분리된 균체는 9 mL peptone water (Difco)에 현탁한 후, 주먹밥 20 g 당 현탁한 균을 0.1 mL씩 첨가하였다. 단 주

떡밥의 총균수(total viable cells)에 대한 효과 분석용 시료를 미생물을 오염시키지 않은 것을 사용하였다.

### 3. 마이크로파(Microwave) 살균처리 및 포장

마이크로파의 살균효과를 알아보기 위해 5종의 균이 접종된 주먹밥을 각각 멸균백(CSE Co., Ansansi, Korea)에 넣은 후 가정용 전자레인지(LG, Korea)에 하나씩 넣고 30초, 60초, 90초, 120초 동안 마이크로파를 조사 살균하여 시간대 별로 살균효과를 조사하였다. 균 접종을 하지 않은 주먹밥과 *S. aureus*와 *B. cereus*를 접종시킨 주먹밥을 위와 동일하게 멸균백에 넣은 후 가정용 전자레인지에 하나씩 넣고 90초 동안 마이크로파를 처리한 뒤, 살균된 주먹밥을 4가지 포장법(일반포장, 진공포장, 질소가스포장, 이산화탄소가스포장)으로 포장하였다. 일반포장은 단순공기함유 포장으로 일반 테이프로 밀봉하였고, 진공포장은 가정용진공포장기(AnyVac, (주)CSE, Korea)로 공기를 제거하여 진공으로 포장하였으며, 질소가스포장과 이산화탄소가스 포장은 위와 동일한 방법으로 진공포장 후 각각 질소가스와 이산화탄소가스를 주사기를 이용하여 주입시켜 포장하였다. 이렇게 4가지 포장을 한 각각의 주먹밥을 실온(22±2°C)에서 1, 3, 5, 7일간 저장한 후 균수를 측정하였다.

### 4. 미생물 분석

균수의 측정을 위하여 시료 20 g과 40 mL의 멸균생리 식염수를 stomacher bag에 넣어 stomacher (BagMixer® 400, Intersciencr, France)를 이용하여 120초 동안 균질화 한 후 균질화 된 시료를 각각의 배지에 도말 하였다. 미생물의 증식을 위해 37°C에서 5종의 병원성 세균을 배양하였으며, 총균수는 각각 24~48시간 동안 배양한 후 계수하였다.

### 5. 통계처리

모든 실험은 3반복으로 수행되었으며 관찰된 실험결과

는 SAS 통계프로그램(version 9.1, SAS Institute, Cary, NC, USA)의 ANOVA procedure을 이용하여 분석되었다. 각각의 처리군이 통계적으로 유의차가 나타나는 경우에(p ≤ 0.05) 각각의 3반복 실험에 의한 평균값은 Duncan's multiple range test를 통하여 분리되었다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 마이크로파의 살균효과

대표적인 5가지 병원성 세균이 오염된 주먹밥을 마이크로파로 처리한 효과는 Table 1과 같다. 실험결과 *E. coli*의 경우 60초에서 나머지 균에서는 30초 처리 시에 유의차가 나타났으나(p ≤ 0.05) 균의 종류에 따라 살균시간에 따른 처리 효과에 차이가 나타났다. *E. coli*의 경우 초기균수가 7.60 log CFU/g였으며 60분 처리 후 2.57 log CFU/g로 5 log CFU/g 수준의 감소가 나타났다. *S. aureus*와 *B. cereus*의 경우 처리 전 각각 7.81, 6.37 log CFU/g 수준이었으나, 처리 후 0.95, 0.92 log CFU/g로 6.5 log CFU/g 이상의 높은 살균효과가 나타났다. *S. Typhimurium*, *L. monocytogenes*의 경우 초기균이 각각 7.02, 6.29 log CFU/g이었으며 60초 처리에서 검출 한계(detection limit, 1.3 log CFU/g) 이하로 나타났으나, 90초 처리 시 *S. aureus*에서 60초 처리보다 1.8 log CFU/g 수준으로 균의 양이 높은 것으로 나타났다. 이는 마이크로파의 제한점인 고르지 못한 가열 때문에 나온 결과라고 여겨진다. 마이크로파 살균법은 일반 가열살균방법에 비해 빠른 온도의 상승에는 효과가 있으나 가열이 골고루 이루어지지 않는 제한점이 있어 한쪽 측면의 온도가 증가했다고 하더라도 다른 부분은 낮은 온도를 유지하는 문제점이 있다(금준석과 조운성 2000). 이상의 결과로부터 가열하는 시간이 길어질수록 균이 살균되어 감소하는 정도가 증가되는 것을 볼 수 있었으며, 마이크로파는 병원성 세균에 오염된 주먹밥을 살균하는데 높은 효과가 있음을 알 수 있었다. 특히 60~90초를 처리 시 모든 균에서 오염된 병

Table 1. Changes in populations<sup>1)</sup> of various pathogens in rice balls before and after treatment with microwave

(Unit : Log<sub>10</sub> CFU/g)

Pathogen	Treatment time (sec)				
	0	30	60	90	120
<i>Escherichia coli</i>	7.60±0.09 <sup>A2)a3)</sup>	6.15±2.64 <sup>Aa</sup>	2.57±0.45 <sup>Ab</sup>	2.37±0.30 <sup>Ab</sup>	2.72±0.66 <sup>Ab</sup>
<i>Salmonella Typhimurium</i>	7.02±1.95 <sup>Aa</sup>	6.15±2.28 <sup>Ab</sup>	<1.34 <sup>4)</sup> ±0.0 <sup>Bb</sup>	<1.3±0.0 <sup>Bb</sup>	<1.3±0.0 <sup>Bb</sup>
<i>Listeria monocytogenes</i>	6.29±1.38 <sup>Aa</sup>	1.84±1.80 <sup>Ab</sup>	<1.3±0.0 <sup>Bb</sup>	0.43±0.75 <sup>ABb</sup>	<1.3±0.0 <sup>Bb</sup>
<i>Staphylococcus aureus</i>	7.81±0.41 <sup>Aa</sup>	4.04±3.50 <sup>Aab</sup>	0.95±1.64 <sup>Bb</sup>	2.70±1.80 <sup>Ab</sup>	2.72±2.65 <sup>Ab</sup>
<i>Bacillus cereus</i>	6.37±0.34 <sup>Aa</sup>	2.76±1.32 <sup>Ab</sup>	0.92±1.59 <sup>ABb</sup>	0.63±1.10 <sup>ABb</sup>	0.59±1.03 <sup>ABb</sup>

<sup>1)</sup> Data represent means ± standard deviations of three measurements.

<sup>2)</sup> Means with the same letter within a column are not significantly different (p>0.05).

<sup>3)</sup> Means with the same letter within a row are not significantly different (p>0.05).

<sup>4)</sup> Detection limit = 1.3 Log<sub>10</sub> CFU/g.

**Table 2.** Changes in populations<sup>1)</sup> of viable cell counts in rice balls packaged in different atmosphere (air, vacuum, CO<sub>2</sub> gas, and N<sub>2</sub> gas) following treatment with microwave for 90 sec and stored at room temperature(Unit : Log<sub>10</sub> CFU/g)

Package methods	Before Treatment	After Treatment	Storage time (days)			
			1	3	5	7
Air	5.27±0.10 <sup>(A2)ab3)</sup>	1.31±0.01 <sup>Ac</sup>	2.61±1.50 <sup>Abc</sup>	6.04±1.96 <sup>Aa</sup>	7.46±0.58 <sup>Aa</sup>	8.49±0.19 <sup>Aa</sup>
Vacuum	5.27±0.10 <sup>Aab</sup>	1.31±0.01 <sup>Ab</sup>	3.03±1.75 <sup>Ab</sup>	5.72±2.28 <sup>Abc</sup>	5.69±1.80 <sup>Ab</sup>	7.56±0.68 <sup>ABa</sup>
N <sub>2</sub>	5.27±0.10 <sup>Aab</sup>	1.31±0.01 <sup>Ac</sup>	2.88±1.46 <sup>Abc</sup>	6.20±0.34 <sup>Aa</sup>	6.92±0.77 <sup>Aa</sup>	6.51±2.22 <sup>BCa</sup>
CO <sub>2</sub>	5.27±0.10 <sup>Aab</sup>	1.31±0.01 <sup>Ad</sup>	1.30±0.00 <sup>Ad</sup>	4.60±0.99 <sup>Ab</sup>	2.38±0.43 <sup>Bc</sup>	5.90±0.00 <sup>Ca</sup>

<sup>1)</sup> Data represent means ± standard deviations of three measurements.<sup>2)</sup> Means with the same letter within a column are not significantly different (p>0.05).<sup>3)</sup> Means with the same letter within a row are not significantly different (p>0.05).

원성 세균을 5~6 log CFU/g 이상 감소시켜 높은 살균 효과가 나타났다. 따라서 모든 균에 대하여 유의적으로 차이를 나타내었으며 포장지의 열에 대한 내구성을 고려하여 90초를 마이크로파의 최적 조사시간으로 선정하여 다음 실험에 이용하였다.

## 2. 저장기간 중 포장법에 따른 총균수 변화조사

Table 2는 상업적으로 판매하는 주먹밥에 마이크로파를 조사하여 각각의 네 가지 포장방법(일반포장, 진공포장, 질소가스포장 및 이산화탄소가스포장)으로 포장하여 저장하였을 때 저장기간에 따른 주먹밥의 총균수를 측정 한 결과를 나타내었다. 마이크로파를 처리하기 전의 총균수는 5.27 log CFU/g 수준 이었으며, 90초 처리 후 1.31 log CFU/g 수준으로 감소하여 약 4 log CFU/g의 저해효과가 관찰되었다. 마이크로파로 처리된 주먹밥을 각각 포장을 달리하여 저장한 경우 이산화탄소가스포장한 주먹밥에서 7일 저장 후 5.90 log CFU/g의 균이 검출되어 다른 포장법과 비교하였을 때 상대적으로 낮은 균의 증식이 관찰되었다. 일반포장의 경우 7일 저장 후 8.49 log CFU/g 수준으로 많은 균이 검출되었으며 진공포장과 질소가스포장에서는 7일 저장 후 각각 7.56, 6.51 log CFU/g 수준의 균이 검출되었다. 이산화탄소가스포장법

을 제외하고 3일 후 총균수가 6 log CFU/g 이상으로 나타나 식품섭취 안전성 기준인 5 log CFU/g을 넘어서 위험성이 있는 것으로 나타났다. 그러나 이산화탄소가스포장한 경우는 5일 후 총균수가 2.38 log CFU/g 수준으로 나타나 총균수가 안전한 수준인 것으로 판단되었다. 하지만 저장기간의 증가와 생육된 균의 양이 완전한 상관관계를 보이지 않았다. 이는 마이크로파의 고르지 못한 가열 처리 때문에 샘플마다 처리 후 처리에 의한 미생물의 감소량이 고르지 못하기 때문에 나타난 결과라고 사료된다.

## 3. 포장법에 따른 저장기간 중 병원성 세균의 증식 변화조사

Table 3 및 4는 *S. aureus*와 *B. cereus*에 오염된 주먹밥에 마이크로파를 조사한 후 포장방법(일반포장, 진공포장, 질소가스포장 및 이산화탄소가스포장)에 따른 저장중 미생물 변화를 나타내었다. 90초 마이크로파 처리 전과 처리 후를 비교해 보면 *S. aureus*와 *B. cereus* 모두 비슷하게 약 4 log CFU/g 이상의 균이 감소하였다. 포장법에 따른 균 증식양상을 살펴보면 *S. aureus*의 경우 7일 저장 후 네 가지 포장방법이 유사하게 8~9 log CFU/g 수준의 균이 검출되어 오염수준이 높은 것을 알 수 있다.

**Table 3.** Changes in populations<sup>1)</sup> of *Staphylococcus aureus* in rice balls packaged in different atmosphere (air, vacuum, CO<sub>2</sub> gas, and N<sub>2</sub> gas) following treatment with microwave for 90 sec and stored at room temperature(Unit : Log<sub>10</sub> CFU/g)

Package methods	Before Treatment	After Treatment	Storage time (days)			
			1	3	5	7
Air	7.60±0.15 <sup>(A2)a3)</sup>	3.37±0.02 <sup>Abc</sup>	2.64±1.28 <sup>Ac</sup>	6.40±2.25 <sup>Aab</sup>	8.08±3.33 <sup>Aa</sup>	9.59±0.79 <sup>Aa</sup>
Vacuum	7.60±0.15 <sup>Aa</sup>	3.37±0.02 <sup>Ab</sup>	3.84±2.04 <sup>Ab</sup>	2.51±0.19 <sup>Ab</sup>	4.13±2.60 <sup>ABb</sup>	9.07±2.24 <sup>Aa</sup>
N <sub>2</sub>	7.60±0.15 <sup>Aa</sup>	3.37±0.02 <sup>Ac</sup>	3.84±1.48 <sup>Abc</sup>	6.15±2.06 <sup>Aab</sup>	6.83±0.92 <sup>ABa</sup>	8.13±1.70 <sup>Aa</sup>
CO <sub>2</sub>	7.60±0.15 <sup>Aa</sup>	3.37±0.02 <sup>Abc</sup>	2.69±1.07 <sup>Ac</sup>	6.36±2.89 <sup>Aab</sup>	3.15±1.95 <sup>Bbc</sup>	9.65±2.65 <sup>Aa</sup>

<sup>1)</sup> Data represent means ± standard deviations of three measurements.<sup>2)</sup> Means with the same letter within a column are not significantly different (p>0.05).<sup>3)</sup> Means with the same letter within a row are not significantly different (p>0.05).

**Table 4.** Changes in populations<sup>1)</sup> of *Bacillus cereus* in rice balls packaged in different atmosphere (air, vacuum, CO<sub>2</sub> gas, and N<sub>2</sub> gas) following treatment with microwave for 90 sec and stored at room temperature

(Unit : Log<sub>10</sub> CFU/g)

Package methods	Before Treatment	After Treatment	Storage time (days)			
			1	3	5	7
Air	6.59±0.11 <sup>A2)B3)</sup>	2.18±0.04 <sup>Ad</sup>	4.64±0.78 <sup>ABc</sup>	7.13±0.25 <sup>Ab</sup>	9.25±0.22 <sup>Aa</sup>	8.71±0.99 <sup>Aa</sup>
Vacuum	6.59±0.11 <sup>Ab</sup>	2.18±0.04 <sup>Ad</sup>	4.23±0.45 <sup>ABc</sup>	7.26±0.48 <sup>Aab</sup>	9.03±0.44 <sup>Aa</sup>	7.42±2.58 <sup>Aab</sup>
N <sub>2</sub>	6.59±0.11 <sup>Abc</sup>	2.18±0.04 <sup>Ad</sup>	5.43±0.00 <sup>Abc</sup>	7.06±0.41 <sup>Aab</sup>	8.97±0.84 <sup>Aa</sup>	4.78±1.65 <sup>Ac</sup>
CO <sub>2</sub>	6.59±0.11 <sup>Aa</sup>	2.18±0.04 <sup>Ab</sup>	2.60±0.06 <sup>Cb</sup>	6.94±3.25 <sup>Aa</sup>	8.28±0.69 <sup>Aa</sup>	5.82±1.49 <sup>Aa</sup>

<sup>1)</sup> Data represent means ± standard deviations of three measurements.  
<sup>2)</sup> Means with the same letter within a column are not significantly different (p>0.05).  
<sup>3)</sup> Means with the same letter within a row are not significantly different (p>0.05).

그러나 진공포장의 경우 3일 저장 후 2.51 log CFU/g 수준의 균이 검출되어 다른 포장방법과 비교하여 증균억제효과가 높음을 알 수 있다(Table 3). 또한 이산화탄소가스 포장법의 경우 5일 후 3.15 log CFU/g 수준의 균이 검출되어 보다 높은 효과가 있는 것으로 관찰되었다. 하지만 3일 저장 후 6.39 log CFU/g 수준의 높은 결과로 앞의 결과와 마찬가지로 마이크로파의 고르지 못한 가열 살균효과로 인하여 제품에 따라 저장 전 초기균의 차이가 있는 것으로 사료된다. *B. cereus*의 경우 이산화탄소가스 포장법을 제외하고 1일 저장 후 4~5 log CFU/g 이상의 균이 증가하였으며 3일 저장 후 7 log CFU/g 이상의 균이 증가하여 오염수준이 높음을 알 수 있었다(Table 4). 이산화탄소가스 포장방법의 경우 마이크로파의 고르지 못한 가열살균 처리 효과로 인하여 *B. cereus*의 오차가 크게 나타났으나, 1일 저장 후 2.60 log CFU/g로 마이크로파 처리 후와 비교하였을 때 0.5 log CFU/g 정도의 낮은 수준의 균의 증가가 나타나 다른 포장법과 비교하여 가장 효과가 좋은 방법인 것으로 나타났다.

Wall and Scatt(1997)의 보고에 의하면 *S. aureus*의 최고 오염수준은 5.88 log CFU/g으로 enterotoxin이 생성될 수 있는 6 log CFU/g 이상이라는 수치에 적용시켜 볼 때 본 연구에서 일반포장과 질소가스, 이산화탄소가스의 경우 저장 1일까지는 6 log CFU/g 이하의 안전한 수준이며 진공포장의 경우는 5일까지도 4 log CFU/g의 수치로 가장 안전한 수준의 수치를 보였다. 따라서 *S. aureus*의 미생물 증식 억제에는 이산화탄소가스 포장과 진공포장이 효과적인 것으로 나타났다. *B. cereus*를 접종시킨 주먹밥의 경우 1일 후 이산화탄소가스 포장법의 균 성장 속도가 가장 느린 모습을 보여 미생물 증식억제에 가장 높은 효과가 있음을 알 수 있었다. 하지만 3일 후 이산화탄소가스를 제외한 나머지 포장법의 미생물의 증식 양상은 비슷하여 진공포장과 질소가스 포장법의 미생물 증식억제 효과는 사실상 볼 수 없었다. Andersson 등(1995)의 연구에서는 *B. cereus*의 식중독을 일으킬 수 있는 범위를 3~

4 log CFU/g이며, United States Department of Agriculture의 Food Safety and Inspection Service (USDA/FSIS)에서는 식품에 5 log CFU/g 이상이 존재할 때, 미국 Food and Drug Administration (FDA)에서는 식품에 6 log CFU/g 이상이 존재할 때 식중독 발생이 가능한 것으로 보고되고 있다고 한다. 따라서 본 연구에서는 네 가지 포장법에서는 모두 최소 1일까지는 5~6 log CFU/g 이하의 수치를 보여 식중독으로부터 안전한 것으로 나타났고 1일 이상 저장할 경우에는 균의 수가 안전범위를 넘어섰기 때문에 식중독의 위험으로 완전히 안전하다고는 할 수 없다. 하지만 병원성 세균의 경우 초기 오염된 미생물의 균수가 실험에 사용된 양보다 일반적으로 낮으므로 실제로는 이보다는 더 장기간의 저장이 가능할 것으로 사료되어 이에 대한 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다. 본 연구에서 즉석조리식품인 김밥, 주먹밥에서 식중독의 원인이 될 수 있는 *S. aureus*와 *B. cereus*의 포장법에 따른 미생물증식의 결과를 살펴볼 때 진공 및 기체 조절 포장법을 적용시켰더라도 *S. aureus*보다 *B. cereus*의 증식이 높은 것으로 나타났다. *B. cereus*의 경우 포자를 형성하여 여러 화학물질과 건조 또는 열 등에 대한 내성이 매우 강하므로 마이크로파 이외에 이를 제어할 수 있는 보다 효과적인 방법이 또한 연구되어야 할 것으로 사료된다. 또한 본 연구결과로부터 *S. aureus*의 경우 진공포장과 이산화탄소가스포장, *B. cereus*의 경우 이산화탄소가스 포장을 했을 때 상온에 저장 시 증식을 억제하는 효과가 나타났으므로 이산화탄소가스 포장법을 활용하여 유통기간의 연장에 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

#### IV. 요약 및 결론

본 연구는 마이크로파 처리와 포장방법에 따른 주먹밥의 오염 미생물 살균효과와 증식억제효과를 분석함으로써 실온 장기 유통을 위한 살균 및 포장방법의 실용화

기초 자료를 도출하고자 하였다. 마이크로파를 처리 시 주먹밥에 오염된 병원성 세균을 저해하는데 매우 높은 효과가 나타났으나, 고르지 못한 살균처리 효과로 인한 단점이 관찰되었다. 처리 후 주먹밥 속 총균수와 *B. cereus*에 대한 포장법에 따른 미생물 증식 억제 효과는 이산화탄소 가스 포장법이 가장 효과적이었으며, *S. aureus*의 경우에는 진공포장과 이산화탄소가스포장이 가장 효과적인 것으로 나타났다. 따라서 본 실험결과로부터 미생물로 인한 부패를 억제하고, 오염된 병원성 세균의 생육을 억제하여 상온에 장시간 보관할 수 있는 방법으로 살균처리와 이산화탄소가스 포장법 등의 포장 기술이 사용될 수 있을 것으로 사료된다. 하지만 마이크로파의 살균처리 효과가 고르지 못하고, 처리 후 미생물의 감소량에 제품별로 오차가 큰 것으로 나타나 즉석조리식품의 제조 후 오염된 미생물을 효과적으로 살균 및 멸균할 수 있는 기술의 개발이 지속적으로 이루어져야 할 것으로 사료된다.

### 참고문헌

- 식품의약품안전청. 2009. <http://www.kfda.go.kr/index.html>
- 금준석, 조윤성. 2000. 식품산업에서 마이크로파를 이용한 살균 방법. *Food Sci. Ind.* 33(2):12-18
- Anderson A, Ronner U, Granum PE. 1995. What problems does the food industry have with the spore forming pathogens *Bacillus cereus* and *Clostridium perfringens*. *Int. J. Food Microbial.* 28:145-155
- FDA. Bacteriological Analytical Manual. U.S. Food & Drug Administration Center for Food Safety & Applied Nutrition. Available from <http://www.cfsan.fda.gov>
- Kim EJ, Kang SJ, Hahn SY. 2008. Storage characteristic comparison of laver-wrapped rice and laver-wrapped rice with vinegar. *Koren J. Food Cookery Sci* 24(1):99-105
- Kwak TK, Kim SH. 1996. The prediction of the shelf-life of packaged meal (*Kimbab*) marketed in convenience stores using simulation study. *J. Fd Hyg. Safety* 11(3):189-196
- Lim SI. Use of microwave in food industry. 1996. Sterilization of pathogens through the microwave. *Food Sci. Ind.* 32(1): 19-34
- Park SY, Choi JY, Yeon JH, Lee MJ, Oh DH, Hong JH, Park KJ, Uoo KJ, Park JS, Ha SD. 2005. Assessment of contamination level of foodborne pathogens in the main ingredients of *Kimbab* during the preparing process. *Korean J. Food Sci. Technol.* 37(1):122-128
- USDA/FSIS. Chapter 12. Examination of meat and poultry products for *Bacillus cereus*. U.S. Department of Agriculture/ Food Science & Inspection Service Microbiology Laboratory Guide book. Available from <http://www.fsis.usda.gov>
- Wall I, Scatt VN. 1997. Use of predictive microbiology in microbial food safety risk assessment. *Int. J. Food Microbial.* 36:97-102
- Zhou Z, Robards K, Hellowell S, Blanchard C. 2003. Effect of rice storage on pasting properties of rice flour. *Food Res. Int.* 36:625-634

---

2010년 1월 29일 접수; 2010년 3월 26일 심사(수정); 2010년 3월 26일 채택