마이크로파 처리한 소고기 및 돼지고기의 미생물 변화 및 이화학적 특성

Microbial changes and physico-chemical properties of beef and pork loin with microwave treatment

이경애 · 변광의*
순천향대학교 식품영양학과

Lee, Kyong-Ae · Byoun, Kwang-Eui*
Dept. of Food Science & Nutrition, Soonchunhyang University

Abstract

In this study, the effect of microwave treatment on physico-chemical properties and microbial changes of beef and pork loin was investigated. Beef and pork were heated in microwave with an adjusted electric output at 500 W and operating frequency 2,450 MHz. The beef and pork samples were treated with microwave for 10 s or 20 s at 50% duty cycle. Drip losses and TBA values of beef and pork samples increased due to the microwave treatment. The samples became darker and more yellowish through microwaves, whereas their redness was unchanged. Microbial content of beef and pork samples declined as the treatment time increased. When pork samples were heated in a microwave oven, organisms were reduced by 2 log cycles in 20 s. It was concluded that a 20 second-long microwave treatment can greatly enhance the microbial safety of the pork sample.

Key Words : microwave, beef. pork, microbial count

Ⅰ. 서론

경제발달과 식생활 양식의 변화에 따라 육류의 소비는 매년 증가하고 있다. 육류는 가공 과정 중 미생물에 의한 오염 가능성이 높으며, 미국에서 E. coli O157:H7에 오염된 햄버거 섭취에 의한 식중독 발생에 따라 육류와 육류 가공품의 미생물학적 안전성에 대한 관심이 높아지게 되었다(Crawford 등, 1996). 실제로 육류 및 육류 가공품은 E. coli, Salmonella 속, Pseudomonas 속, Campylobacter 속, Listeria monocytogene 등과 같은 다양한 병원성 미생물의 주 매개체로 알려져 있다(Taha, 1999; Woodburn 등, 1997). 육류에 의한 식중독은 주로 생고기의 취급에 의해 발생하므로 생고기에 오염된 미생물의 효과적 제거는 식중독 발생을 상당히 감소시킬 수 있다. 방사선 조사는 육류에 오염된 병원성 미생물 등의 파괴에 매우 효과적인 방법으로 알려져 있으나 대부분의 소비자들은 FAO, IAEA 및 WHO의 합동회의가 조사식품의 안전성과 영양학적 타당성을 국제적으로 공인하였음(WHO, 1981)에도 불구하고 조사 식품이 인체에 유해하다고 생각하고 있어 상업적으로 이용하기에는 많은 어려움이 있다.

마이크로웨이브 에너지는 주로 식품산업과 가정에서 식품을 신속히 가열하는 수단으로 널리 이용되어 왔으나 일부 식품에서 저장성 향상 효과를 나타내어 방사선 조사와 같이 육류에 오염된 미생물을 제거할 수 있는 효과적 방법으로 생각되고 있다. Teotia 등(1975)은 발진주파수 2450 MHz의 마이크로웨이브가 가금류에 존재하는 Salmonella senftenberg를 완전히 파괴했다고 하였으며 Cunningham(1980)은 신선육을 15-20초 정도 마이크로웨이브 처리 후 냉장 보관하면 오래 보관할 수 있다고 하였다. 이 외에도 두유에 접종한 Salmonella 속과 소고기에 오염된 세균 제거에 효과적으로 보고되어 있어

* 본 연구는 2003년도 순천향대학교 자체연구비에 의해 수행된 연구 결과임.
Corresponding author: Byoun, Kwang-Eui
Tel: 041) 530-1258
E-mail: byoun@sch.ac.kr

(Bookwalter 등, 1982; Lin 등, 1988), 식품의 미생물 제거를 위한 저온 살균 수단으로 이용하고자 연구되고 있다(Rosenberg 등, 1987; Kim, 1999)

따라서 본 연구는 소고기 및 돼지고기에 50% duty cycle로 10초 및 20초간 마이크로웨이브 처리를 한 다음 미생물 총 균수 변화 및 이화학적 특성을 검토하여 마이크로웨이브가 소고기 및 돼지고기에 오염된 미생물을 효과적으로 제거할 수 있는지를 알아보고자 하였다.

II.재료 및 방법

1. 마이크로웨이브 처리

소고기 및 돼지고기 등심을 천안 소재 정육점에서 구입하여 일정한 크기(3x3x2 cm)로 잘라서 멸균 팩에 포장한 후 마이크로웨이브(microwave fixator, KC600A, (주)경창산업, 한국)로 발진 주파수 2450MHz에서 500Watt의 출력으로 50% duty cycle로 10초 및 20초간 처리하였다. 조사된 시료는 신속히 얼음에 담가 냉각시킨 후 4℃ 냉장고에 보관하면서 분석에 사용하였다.

2. 육즙 손실

마이크로파를 조사한 소고기 및 돼지고기의 육즙 손실(%)은 조사 전과 조사 후의 무게를 측정하여 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{육즙 손실(\%)} = \frac{\text{마이크로파 조사 전의 무게(g)} - \text{마이크로파 조사 후의 무게(g)}}{\text{마이크로파 조사 전의 무게 (g)}} \times 100$$

3. pH

소고기 및 돼지고기의 pH는 Hunt 등의 방법(1999)에 따라 다음과 같이 측정하였다. 소고기 및 돼지고기를 3g씩 곱게 마쇄한 다음 각각 3배의 증류수와 혼합하여 균질기(ESGE, M133/1282-0, Switzerland)로 균질화한 후 pH 미터로 pH를 측정하였다.

4. TBA가

소고기 및 돼지고기를 4g씩 곱게 마쇄한 후 각각 20% TCA 용액 10ml를 혼합하여 균질화하고 증류수를 첨가하여 총 부피를 20ml가 되도록 정용하였다. 이 용액을 여과하여 얻은 여액 5ml와 TBA(5mM 2-thiobarbituric acid) 용액 5ml를 혼합하여 15시간 동안 냉암소에 방치한 후 530nm에서 흡광도를 측정하였다.

5. 색도

방사선 조사 닭고기의 색도는 분광색차계(color techno system, Tokyo, Japan)를 이용하여 L, a, b를 측정하였다.

6. 전단력 측정

소고기 및 돼지고기의 전단력은 texture analyzer (Shimazu, SM-500N-168, USA)를 이용하여 측정하였다.

7. 미생물 총 균수 측정

마쇄한 소고기 또는 돼지고기 1g에 10배의 0.9% NaCl을 넣고 잘 혼합하였다. 이 현탁액을 다시 0.9% NaCl을 이용하여 102-106배 희석한 다음 페트리접시에 1mL씩 분주하여 35℃에서 24시간 배양하였다. 배양 후 형성된 colony를 계수하고 시료 1g당 colony foming unit(CFU/g)를 계산하였다. 배지는 plate count agar(Difco, pH 7.0)를 이용하였으며 배지 조성은 Table 1과 같다.

Table 1. Composition of plate count agar

Trypton	5.0g
Yeast extract	2.5g
Dextrose	1.0g
Agar	15.0g

8. 통계처리

실험은 3회 반복 실시하여 그 결과를 SPSS 통계프로그램을 사용하여 분석하였다. 유의성은 분산분석, Duncan의 다중범위검정법(Duncan's multiple range test)으로 검정하였다.

Ⅲ.결과 및 고찰

1. 육즙손실, pH, TBA가

마이크로웨이브 처리한 소고기 및 돼지고기의 육즙손실과 pH 변화를 Table. 2에 나타내었다. 마이크로웨이브로 10초 이상 처리한 소고기와 돼지고기는 마이크로웨이브 처리를 하지 않은 대조군에 비해 육즙손실이 많았으며, 마이크로웨이브 처리시간이 길수록 육즙손실이 증가하는 경향을 나타내었다. 마이크로웨이브로 10초 또는 20초 처리 후 육즙손실은 돼지고기가 소고기보다 10배 정도 많았다. Palka 등(1999)은 가열할 때 일어나는 육 단백질의 수축이 육즙 손실을 증가시킨다고 하였으며, Bertola 등(1994)은 가열하면 액틴과 미오신의 변성에 의한 구조변화가 발생하여 근장액이 밖으로 방출된다고 하였다. 본 실험에서 육즙 손실의 증가는 마이크로웨이브 처리시 발생하는 열에 의해 육 단백질의 변성과 이에 따른 구조 변화 때문으로 생각된다.

Table 2. Drip losses and pH of beef and pork with microwave treatment

Treatment Time (s)	Beef		Pork	
	drip loss (%)	pH	drip loss (%)	pH
0	0.00±0.00^{c}	6.44±0.03^{a}	0.00±0.00^{c}	6.13±0.02
10	0.15±0.03^{b}	6.14±0.03^{b}	1.56±0.33^{b}	6.07±0.01
20	0.44±0.12^{a}	6.15±0.02^{b}	4.91±0.90^{a}	6.13±0.02

$^{a-c}$ Means in the same column followed by different letters represents significant difference ($p<.05$).

소고기의 pH는 마이크로웨이브 조사에 의해 다소 감소하는 경향을 보였으나 마이크로웨이브 조사 시간에 따른 pH 변화는 관찰되지 않았다. 돼지고기의 pH는 마이크로웨이브 조사에 의해 큰 변화를 나타내지 않았다.

마이크로웨이브 처리에 의한 소고기와 돼지고기의 TBA가 변화는 Table 3에 나타내었다. 마이크로웨이브를 각각 10초 이상의 처리하였을 때 소고기와 돼지고기의 TBA가는 증가하는 경향을 보였다. 10초 및 20 초간 마이크로웨이브 처리한 소고기와 돼지고기의 TBA가는 각각 0.048 및 0.069, 0.015 및 0.033이었다. 일반적으로 산패취는 TBA가가 1.0 이상일 때 감지할 수 있으므로(Mattison 등, 1986), 20초 이하의 마이크로웨이브를 조사한 소고기 및 돼지고기에서 지방 산패취는 이들의 품질에 큰 영향을 주지 않을 것으로 생각된다.

Table 3. TBA values of beef and pork with microwave treatment

Treatment Time (s)	Beef	Pork
0	0.038±0.002^{c}	0.006±0.002^{c}
10	0.048±0.001^{b}	0.015±0.003^{b}
20	0.069±0.003^{a}	0.033±0.003^{a}

$^{a-c}$ Means in the same column followed by different letters represents significant difference ($p<.05$).

2. 색도 및 전단력

마이크로웨이브 처리한 소고기와 돼지고기의 표면 색도는 Table 4에 나타내었다. 소고기의 L값은 20초간 마이크로웨이브로 처리하였을 때, b값은 10초 이상의 마이크로웨이브로 처리하였을 때 대조군에 비해 높게 나타났다. 돼지고기의 L값과 b값은 20초간 마이크로웨이브로 처리하였을 때 대조군에 비해 높았다. 한편 소고기 및 돼지고기의 a값은 마이크로웨이브 처리에 의해 큰 변화를 보이지 않았다. 마이크로웨이브 처리에 의한 L값과 b값의 증가는 메트헤모글로빈의 생성에 의한 것으로 생각되며 마이크로웨이브처리에 의한 색깔 변화는 향 후 자세히 검토되어야 할 것이다.

Table 4. Color values of beef and pork with microwave treatment

Treatment Time (s)	Beef			Pork		
	L[1)]	a[2)]	b[3)]	L	a	b
0	28.36±2.86^{b}	20.01±2.06	8.15±1.50^{b}	54.57±1.25^{b}	5.33±0.53	9.41±0.40^{b}
10	29.32±1.74^{b}	21.91±1.80	11.07±1.40^{a}	53.55±1.81^{b}	5.62±0.55	9.20±0.75^{b}
20	31.81±4.32^{a}	20.83±2.01	12.22±2.35^{a}	64.61±3.79^{a}	5.31±0.78	12.10±1.01^{a}

$^{a-b}$ Means in the same column followed by different letters represents significant difference ($p<.05$).
[1)] lightness; [2)] redness; [3)] yellowness

마이크로웨이브 처리가 소고기 및 돼지고기의 부드러운 정도에 미치는 영향을 알아보기 위해 전단력의 변화를 검토하였다. Table 5에 나타내었다. 마이크로웨이브로 20초 처리한 소고기 및 돼지고기의 전단력은 대조군에 비해 유의적으로 증가하였다. 육류를 가열할 때 일어나는 근섬유의 수축, 근섬유 단백질의 응고, 결체조직의 가용화 등은 육류의 부드러운 정도에 영향을 미친다(Bouton & Harris, 1972; Dawson 등, 1991). 본 실험에서 전단력 증가는 마이크로웨이브 처리 시 발생하는 열에 의해 근섬유 단백질의 응고와 수축이 일어났기 때문으로 생각된다.

Table 5. Shear strength of beef and pork with microwave treatment

Treatment Time (s)	Beef	Pork
0	116.34±16.30b	123.74± 4.72b
10	107.00±16.56b	134.81±16.57b
20	147.68±20.67a	176.95±19.98a

[a-b] Means in the same column followed by different letters represents significant difference ($p<.05$).

3. 미생물 총 균수

마이크로웨이브 처리에 의한 미생물 총 균수 변화를 Table 6에 나타내었다. 소고기와 돼지고기의 미생물 총 균수는 마이크로웨이브 처리에 의해 감소하였으며, 20초간 처리하였을 때 미생물 총 균수가 현저히 감소하는 경향을 보였다. 특히 돼지고기의 경우 20초간 처리에 의해 2 log cycle의 미생물 총 균수 감소 효과를 보였다. Aziz 등(2002)은 발진 주파수 2450MHz에서 600Watt의 출력으로 20초 및 30초간 마이크로웨이브 처리한 소고기에서 각각 1 log cycle 및 2 log cycle의 미생물 총 균수 감소가 나타났으며, 20초간 처리한 모든 시료에서 Pseudomonas, coliform 등이 검출되지 않았다고 보고하였다, Cunningham 등(1980)은 생 가금육을 마이크로웨이브로 20초 및 40초간 처리하였을 때 각각 1 log cycle 및 2 log cycle의 미생물 총 균수 감소를 보였다고 하였다.

Table 6. Total microbial counts in beef and pork with microwave treatment

Treatment Time (s)	Beef (CFU/g)	Pork (CFU/g)
0	5.0×10	6.3×103
10	4.4×10	5.0×103
20	1.5×10	6.0×10

Ⅳ.요약

마이크로웨이브 처리가 소고기 및 돼지고기의 이화학적 특성 및 미생물 총 균수 변화에 미치는 영향을 검토하였다. 시료는 발진 주파수 2450MHz, 출력 500Watt인 마이크로웨이브를 사용하여 50% duty cycle로 10초 및 20초간 처리하였다.

마이크로웨이브 처리는 소고기 및 돼지고기의 육즙손실과 TBA가를 증가시켰으며 육즙 손실은 소고기에 비해 돼지고기가 더 많았다. 마이크로웨이브 처리한 소고기 및 돼지고기는 마이크로웨이브로 처리하지 않은 대조군에 비해 L값과 b값이 증가하였으며 a값은 변화하지 않았다. 한편 전단력은 20초간 마이크로웨이브 처리한 소고기와 돼지고기가 대조군에 비해 높게 나타났다. 마이크로웨이브 처리는 소고기 및 돼지고기의 미생물 총 균수를 감소시켰다. 미생물 총 균수는 20초간 처리하였을 때 현저한 감소를 나타내었는데, 특히 돼지고기의 경우 20초간 처리에 의해 미생물 총 균수가 2 log cycle 감소하였다. 따라서 20초 정도의 마이크로웨이브 처리는 돼지고기의 미생물 총 균수를 상당히 감소시킬 수 있어 미생물학적 안전성 확보에 매우 효과적 방법으로 생각된다.

주제어 : 마이크로웨이브, 소고기, 돼지고기, 미생물 총 균수

참 고 문 헌

Aziz. N. H., Mahrous, S. R. & Youssef. B. M. (2002). Effect of gamma-ray and microwave treatment on the shelf life of beef products stored at 5℃, *Food Control, 13*, 347-444.

Bertola, N. C., Bevilacqua, A. E. & Zaritzky, N. E. (1994). Heat treatment effect on texture changes and thermal denaturation of proteins in beef muscle, *Journal of Food processing & Preservation, 16*, 31-46.

Bookwalter, C. N., Shukla, T. P. & Kwolek, W. F. (1982). Microwave processing to destroy *Salmonella* in corn-soy-milk blend and effect on product quality, *Journal of Food Science, 47*, 1683-1686.

Bouton, P. E. & Harris, P. V. (1972). The effect of cooking temperature and time on some mechanical properties of meat, *Journal of Food Science, 37*, 140-144.

Choi, Y. L., Kastner, C. L. & Kropf, D. H. (1987). Effect

of hot boning and various levels of salt and phosphate on protein solubility, functionality and storage characteristics of preblended pork used in frankfurters, *Journal of food protection, 50*(12), 1025-1036.

Crawford, L. M. & Ruff, E. H. (1996). A review of the safety of cold pasteurization through irradiation, *Food Control, 7,* 87-97.

Cunningham, F. E. (1980). Influence of microwave radiation psychrotrophic bacteria, *Journal of Food Protection, 43,* 651-655.

Dawson, P. L., Sheldon, B. W. & Miles, J. J. (1991). Effect of aseptic processing on the texture of chicken meat, *Poultry Science, 70,* 2359-2367.

Hunt, M. C., Sorheim, O. & Slinde, E. (1999). Color and heat denaturation of myoglobin forms in round beef, *Journal of Food Science, 64*(5), 837-851.

Kim, S. S. (1999). Changes in chemical components of milk during microwaves HTST pasteurization, *Korean Journal of Food Science and Technology, 31,* 1518-1522.

Lin, W. & Sawyer, C. (1988). Bacterial survival and thermal responses of beef loaf after microwave processing, *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy, 23,* 183-194.

Mattison, M. L., Kraft, A. A., Olson, D. G., Walker, H. W., Rust, R. E. & James, D. B. (1986). Effect of low dose irradiation of pork loins on the microflora, sensory characteristics and fat stability, *51,* 284-287.

Palka, K. & Daun, H (1999) Changes in texture, cooking losses and myofibrillar structure of bovine M. *semitendinosus* during heating, *Meat Science, 51,* 237-243.

Rsenberg, U. & Bogl, W. (1987). Microwave pasteurization, sterilization, blanching, and pest control in the food industry, *Food Technology, 41,* 92-98, 121.

Taha, S. M. (1999). Incidence, toxigenicity and control of certain pathogenic bacteria in different environmental sources, Ph.D. Thesis, Ain Sham Univ. Cairo, Egypt.

Teotia, J. S. & Miller, B. F. (1975). Destruction of *Salmonella* on poultry meat with lysozyme, EDTA, microwave and chlorine, *Poultry Science, 54,* 1388-1394.

WHO (1981) Wholesomeness of irradiated food report of a joint FAO/IAEA/WHO expert committee, Geneva, 1980 world health organization technical report series, No. 659, Geneva, Switzerland.

Woodburn, M. J. & Raob, C. A. (1997). Household food following widely publicized outbreaks of food borne illness, *Journal of Food Protection, 60,* 1105-1109.

(2005. 12. 31 접수; 2005. 01. 25 채택)