

마이크로파 처리가 4°C 저장 중 우육의 이화학적 및 미생물학적 특성에 미치는 영향

강호진 · 이현유 · 박종대 · 금준석*
한국식품연구원

Effect of Microwave Treatment on the Physicochemical and Microbiological Characteristics of Beef Loin during Storage at 4°C

Ho Jin Kang, Hyun-Yu Lee, Jong-Dae Park, and Jun-Seok Kum*
Korea Food Research Institute

Abstract This study was carried out to investigate the physicochemical and microbiological characteristics of beef loin following microwave treatment at 4°C. Two types of microwave treatment were applied. i.e., continued microwave treatment (CW) and holding microwave treatment (HW). The L value increased, while a and b values were not significantly different among the samples as the storage time and microwave dose increased. The initial pH and after 3 days ranged from 5.51-5.74 and 6.32-6.51, respectively ($p < 0.05$). The thiobarbituric acid value of all beef loins increased with increasing storage period and decreased with increasing microwave dose. The volatile basic nitrogen (VBN) content of the control was higher than that of the other samples and the VBN content decreased with increasing microwave dose. The total plate count of beef loins decreased with increasing microwave dose. This result indicated that T2 (100 W, HW) is most effective treatment with regard to the safety of beef loins without decreasing the physicochemical and microbiological characteristics.

Keywords: microwave, beef, storage, physicochemical, microbiological

서 론

2012년 세계 쇠고기 생산량은 2011년도 보다 0.1% 감소한 56,789천톤으로 전망하고 있으며 미국 2012년 쇠고기 생산량은 2011년도 보다 5% 감소한 11,463천톤으로 전망하고 있다(1). 한국의 소 산업은 구제역이 발생했던 2012년 양돈산업과 비교할 때 상대적으로 큰 영향을 받지 않았으며 2012년 한국의 쇠고기 생산량은 전년보다 13% 증가한 29만5천톤으로 전망한다(2). 쇠고기 수요 증가로 대부분의 국가에서 쇠고기 수입이 증가할 것으로 예상되며 국내 쇠고기 수입량의 증가에도 불구하고 국내 공급량 부족으로 수요를 충족시키지 못할 것으로 예상된다. 최근 세계적인 육류의 유통 경향은 동결 저장보다 신선육을 그대로 보존하는 유통추세에 따라 지육을 부분육으로 유통하고 있는 실정이다(3).

한편, 식품의 저장 유통 살균법에 있어서 지금까지 사용되어온 냉장 화학 약품처리, 고온 가열처리 등 처리 효과와 비용, 안전성 등의 문제점이 지적되면서 세계적으로 실용성과 안정성이 입증된 기술개발을 요구하게 되었다. 마이크로파 조사기법은 단시간내 미생물 억제가 가능하며 생산비 절감 및 미생물 오염의 감소를 가

저으며 작은 설비면적으로 실용성이 있는 기술로 인지되어있다(4). 이는 식품 내외부를 고루 살균시키며 영양소 비파괴와 색도 유지 등의 품질유지에도 그 실용성을 인정받고 있다(5). 또한 기술적 측면에서 식품산업의 고도화와 국제화 시대에 맞게 고부가가치의 가공식품을 생산하기 위해서 식품원료의 안정공급에 따른 위생적 제품생산이 효율적으로 제조 되어져야 하며 이 때 안전한 저장 유통기술이 확보되어져야 한다. 종전의 마이크로파 기술은 단지 냉동된 육류의 해동에만 국한되어 사용되어져 왔으나 적절한 마이크로파 사용은 제품의 품질변화와 미생물에 의한 오염, 수분증발과 표면의 과열, 색변화, 조직감 등의 변화를 소비자의 선호도에 맞게 유리한 방향으로 만들어 준다(5). 이러한 마이크로파 기술을 이용함으로써 쇠고기에 대한 살균공정의 단순화로 제품의 품질을 높여 생산성 증진 및 운영비를 절감하고 미생물학적으로 안전한 식육을 섭취할 수 있도록 해야 할 것이다.

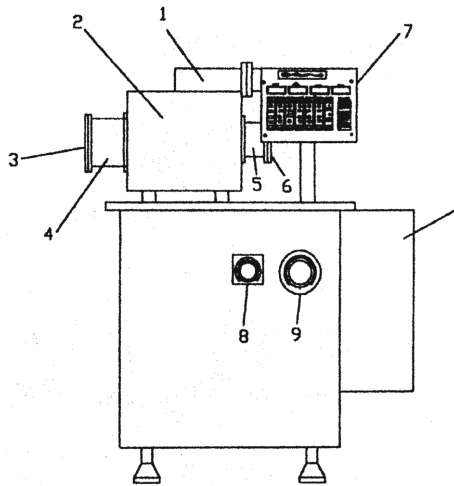
따라서 본 연구의 목적은 쇠고기에 대한 마이크로파의 효과를 확인하고자 연속처리(continued microwave treatment: CW), 정지처리(holding microwave treatment: HW)방법으로 나누어 쇠고기에 조사하고 마이크로웨이브에 의한 화학적, 미생물학적 품질변화를 관찰하여 신선육으로 유통시킬 수 있는 최적 조건의 마이크로파 조사선량을 찾아내고 육가공 산업에 기초자료를 마련코자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

실험에 사용한 쇠고기는 진공 포장된 등심 부분만을 (주)도림

*Corresponding author: Jun-Seok Kum, Korea Food Research Institute, Seongnam, Gyeonggi 463-746, Korea
Tel: 82-31-780-9052
Fax: 82-31-780-9059
E-mail: jskum@kfri.re.kr
Received January 17, 2013; revised February 20, 2013;
accepted February 22, 2013



No.	Description	No.	Description
1	Wave guide	6	Door of cooling and hot air
2	Microwave cavity	7	Control panel
3	Door of hot air	8	Anode Voltage Controller
4	Intake of hot air	9	Voltage filament
5	Cooling fan	10	Main Controller

Fig. 1. The structure of microwave dryer.

에서 구입하여 frozen meat slicer (HFS-300, Hankook Fujee Industries Co., Ltd, Suwon, Korea)를 이용하여 고기의 두께는 1.5 cm, 중량은 75 ± 0.5 g으로 모양은 마이크로웨이브의 열효율에 가장 적당한 원의 형태로 과도한 지방과 결체조직을 제거한 후 등글게 잘라 실험에 사용하였다.

시료의 조제

쇠고기의 살균방법은 Fig. 1에 도식된 마이크로파 건조기를 이용하여 주파수 2,450 MHz에서 출력과 작동시간에 따른 예비실험을 통하여 처리 조건을 연속처리방식(CW), 정지처리방식(HW)으로 나누어 출력 100 W 90 s, 100 W 90 s-60 s holding-100 W 90 s, 300 W 90 s, 300 W 90 s-60 s holding-300 W 90 s, 600 W 90 s, 600 W 90 s-60 s holding-600 W 90 s로 하였다. 이 때 마이크로웨이브 내부 온도가 60°C 이상이 되지 않도록 하기 위하여 300 W 이상의 출력으로 쇠고기를 조사시킬 경우 60 s씩 정지(holding)시켜 실험을 진행하였다.

마이크로웨이브의 각 시료를 poly vinylidene chloride (IPS Korea Inc., Gwangju, Korea)로 진공포장(Turbovac SB-260, Tricom Inc., Seoul, Korea) 하여 마이크로파로 처리하였으며 0, 3, 6, 10, 14일간 4°C 저장고에 저장하면서 이화학적, 미생물학적인 변화를 관찰하였다. 마이크로파를 이용한 쇠고기의 처리방법은 Table 1에 나타내었다.

육색 측정

육색은 포장 개봉한 등심근을 30분 동안 홍색화(blooming)시킨 상태에서 측정 하였다. 백색판으로 표준화(L, a 및 b값은 각각 96.86, -0.07, 2.02)시킨 color and color difference meter (CR-300, Konica Minolta, Tokyo, Japan)를 사용하여 L (Lightness), a (Redness), b (Yellowness) 값을 측정하였다.

pH value

시료의 pH는 근막, 지방 등을 완전히 제거한 마쇄한 시료 10 g에 70 mL의 증류수를 가해 homogenizer (Ultra-turrax T25, Janke & Kunkel, Staufen, Germany)을 사용하여 14,000 rpm으로 2분간 균질화 시킨 후 전체부피를 100 mL로 조정하여 pH meter (Orion 520A, Thermo Scientific, Horsham, PA, USA)를 사용하여 측정하였다.

Table 1. The conditions of microwave treatment on beef loin

	Samples	Conditions for microwave treatment
Continued microwave treatment (CW)	C	Untreated fresh beef
	T1	Microwave heating, 90 s, 100 W
	T3	Microwave heating, 90 s, 300 W
	T5	Microwave heating, 90 s, 600 W
Holding microwave treatment (HW)	T2	Microwave heating, 90 s, 100 W/60 s holding/ Microwave heating, 90 s, 100 W
	T4	Microwave heating, 90 s, 300 W/60 s holding/ Microwave heating, 90 s, 300 W
	T6	Microwave heating, 90 s, 600 W/60 s holding/ Microwave heating, 90 s, 600 W

TBA (thiobarbituric acid) value

우육등심의 지방 산패도를 나타내는 TBA값을 측정하였다(6). 즉, 10 g의 분쇄육에 실험중의 산화방지를 위하여 BHA 50 µg 첨가 후 20% TCA용액 25 mL을 첨가하여 2분간 14,000 rpm으로 균질화하고 volumetric flask에 넣어 증류수로 50 mL이 되게 하였다. 이를 균일하도록 흔들어진 다음 filter paper (Watman No. 1, Japan)로 filtration 시킨 후 여과액 중 3 mL을 취해 test tube에 넣고 0.005 M 2-thiobarbituric acid 3 mL을 넣고 잘 혼합한 후 실온 암소에서 15시간 동안 활성화시킨 후 spectrophotometer (UV 1600 PC, Shimadzu, Tokyo, Japan)로 530 nm에서 흡광도를 측정하였다.

$$\text{TBA value} = \text{Absorbance (nm)} \times 5.2$$

VBN (volatile basic nitrogen) value

단백질 부패도를 나타내는 VBN값은 Conway unit로 측정하였다(7). 즉, 세절육 10 g을 vortex beaker에 넣고 증류수 90 mL을 가하여 14,000 rpm에서 5분간 균질화한 후 균질액을 filter paper (Watman No. 1)로 filtration 시킨 후 여과액 중 3 mL을 취해 conway unit의 외실에 넣고 내실에 0.01 N 붕산 1 mL와 지시약 3방울을 넣은 후 빨리 뚜껑을 닫았다. 뚜껑을 미끄러지게 열고 외실에 50% K₂CO₃ 1 mL을 재빨리 주입 후 바로 밀폐한다. 용기를 수평으로 회전하여 외실의 sample과 K₂CO₃가 섞이게 한다. 이때 내실의 붕산과 지시약이 외실의 sample과 K₂CO₃와 섞이지

않게 한다. 37°C의 incubator에서 120분간 활성화 시킨다. 뚜껑을 조심스럽게 열고 붕산용액을 0.02 N H₂SO₄ 로 신속히 적정한다. 공시험구는 외실에 K₂CO₃를 가하지 않은 것의 적정지로 하고 적정결과는 엷은 분홍색을 나타낼 때로 하였다.

$$\text{VBN value (mg\%)} = (a - b) \times F \times 28 / \text{sample의 양} \times 100$$

a: 본실험 적정지 mL

b: 공실험 적정지 mL

F: 0.02 N H₂SO₄ 표준화지수

28: 0.02 N H₂SO₄ 1 mL 소모하는데 필요한 N의 양 (0.02×1.4×1,000)

총균수(total bacteria)

시료의 표면에서 일회용 멸균칼을 이용하여 시료를 절취한 후 이 시료를 stomacher bag에 넣고 2분간 stomacher (Stomacher 400, Seward, Worthing, UK)를 이용하여 균질시킨 다음 0.85% 멸균생리식염수에 넣은 후 일정비율로 희석하였다. 그리고 희석액 1 mL을 취해 Petrifilm™ (3M, St. Paul, MN, USA) plating method로 접종하여 32°C incubator에 24시간 배양 후 붉은 색으로 염색되어지는 균수를 계수 하였다.

저온성 세균수(psychrotrophic bacteria)

저온성 세균은 희석액 1 mL을 취해 Petrifilm™ (3M) plating method로 접종하여 8°C incubator에 48시간 배양 후 붉은 색으로 염색되어지는 균수를 계수 하였다.

통계분석

모든 실험측정은 3반복 측정하여 평균치와 표준오차를 계산하였고, 각 구간 차이의 통계적 유의성은 SAS Ver 6.03 통계프로그램(8)을 이용하여 ANOVA 분산분석과 Duncan의 다범위 검정(multiple range test)을 사용하여 유의성 검정을 시행하였다.

결과 및 고찰

육색 변화

마이크로파 조사처리된 우유의 4°C 저장중 색도 변화를 Table 2에 나타내었다. 우유의 육색은 근내 지방도와 함께 우유의 육질 등급을 결정하는 주요 인자일 뿐 아니라, 소비자관점에서도 매우 중요하다(9). 조사직후인 0일차 우유의 L값은 대조구가 32.71로 가장 높았고 나머지 조사처리군간의 유의적인 차이는 발견되지 않았고 저장기간에 따른 처리군들간의 유의성도 보이지 않았다. 저장 3일차에 L값은 T2 (Microwave heating, 90 s, 100 W/60 s holding/Microwave heating, 90 s, 100 W)가 28.63으로 가장 높았고 T1 (Microwave heating, 90 s, 100 W), T3 (Microwave heating, 90 s, 300 W)가 각각 27.56, 27.15로 T2 다음으로 높은 값을 나타내었다. 대조군은 26.48로 T5 (Microwave heating, 90 s, 600 W)의 L값 26.37과 유사한 값을 나타내었다. T6 (Microwave heating, 90 s, 600 W/60 s holding/Microwave heating, 90 s, 600 W)는 저장 3일차에 가장 낮은 값인 25.15를 나타내어 3일차에 처리군들간의 유의적인 차이가 나타남을 알 수 있었다. 저장 3일차에 정지처리방식에는 조사선량이 증가할수록 L값이 유의적으로 감소하는 것으로 나타났다(p<0.05). 저장 6일차에도 저장 3일차와 마찬가지로 T2가 가장 높은 L값을 보였다. 정지처리방식에서는 T2, T4, T6가 각각 27.03, 26.09, 25.95로 L값이 점차 감소함을 알 수 있었다. 연속처리방식에서도 T1, T3, T5가 각각 25.74,

Table 2. Color (Hunter L, a, and b) changes of beef loin during storage at 4°C after various microwave treatments

Storage period (days)	Sample	L	a	b
0	C	32.71±2.77 ^{NS}	16.50±0.48 ^a	6.37±0.56 ^{a+}
	T1	29.60±1.43 ^{NS}	15.70±0.26 ^{ab}	5.11±0.53 ^b
	T2	29.80±1.38 ^{NS}	15.17±1.60 ^{ab}	4.71±0.93 ^{bc}
	T3	31.43±1.12 ^{NS}	15.54±0.75 ^{ab}	5.20±0.65 ^b
	T4	29.52±1.99 ^{NS}	13.98±1.01 ^b	3.74±1.01 ^c
	T5	29.49±1.96 ^{NS}	14.42±1.63 ^{ab}	3.84±0.75 ^c
	T6	31.56±5.36 ^{NS}	14.72±2.93 ^{ab}	6.31±1.23 ^a
3	C	26.48±2.05 ^{bc}	11.30±0.20 ^{cd}	1.28±0.83 ^b
	T1	27.56±1.98 ^{ab}	10.41±0.36 ^d	1.35±0.48 ^b
	T2	28.63±1.03 ^a	12.39±1.39 ^{bc}	1.79±0.48 ^b
	T3	27.15±0.95 ^{ab}	13.68±0.33 ^{ab}	1.92±0.58 ^b
	T4	26.84±0.50 ^{abc}	11.66±0.46 ^{cd}	1.79±0.36 ^b
	T5	26.37±1.20 ^{bc}	12.73±1.06 ^{bc}	1.67±0.48 ^b
	T6	25.15±0.60 ^c	15.06±2.92 ^a	2.68±0.37 ^a
6	C	26.42±1.55 ^{ab}	10.09±1.15 ^c	2.38±0.64 ^{ab}
	T1	25.74±1.23 ^{ab}	10.97±1.52 ^{bc}	2.58±0.36 ^a
	T2	27.03±0.85 ^a	13.43±1.06 ^a	2.93±0.66 ^a
	T3	25.98±0.75 ^{ab}	11.90±0.61 ^b	1.85±0.46 ^b
	T4	26.09±1.33 ^{ab}	11.63±0.48 ^b	2.50±0.45 ^{ab}
	T5	25.19±0.87 ^b	11.69±0.59 ^b	2.56±0.36 ^a
	T6	25.95±1.35 ^{ab}	10.86±1.01 ^{bc}	2.96±0.32 ^a
10	C	28.80±0.50 ^{ab}	11.08±0.57 ^b	1.69±0.41 ^{NS}
	T1	28.21±1.87 ^{ab}	13.00±1.69 ^{ab}	1.59±0.31 ^{NS}
	T2	27.97±0.62 ^{ab}	11.98±1.42 ^b	1.31±0.25 ^{NS}
	T3	29.58±1.29 ^a	11.52±1.58 ^b	1.78±0.54 ^{NS}
	T4	29.56±1.86 ^a	11.80±2.09 ^b	2.15±0.42 ^{NS}
	T5	27.30±1.21 ^b	12.00±2.14 ^b	2.93±3.27 ^{NS}
	T6	24.08±1.05 ^c	14.73±1.30 ^a	2.88±0.63 ^{NS}
14	C	27.64±1.95 ^{abc}	8.96±0.64 ^b	2.50±0.32 ^{ab}
	T1	26.07±0.87 ^{cde}	13.59±0.49 ^a	1.62±0.11 ^c
	T2	28.37±1.97 ^{ab}	9.76±0.64 ^b	2.09±0.60 ^{bc}
	T3	28.58±1.29 ^a	9.48±1.36 ^b	2.55±0.22 ^{ab}
	T4	26.70±0.41 ^{bcd}	8.74±0.35 ^b	2.23±0.29 ^{ab}
	T5	25.61±0.57 ^{de}	13.95±0.84 ^a	2.13±0.48 ^{bc}
	T6	24.49±0.67 ^e	13.76±0.64 ^a	2.70±0.45 ^a

C, T1, T2, T3, T4, T5, T6; Refer to the comment in Table 1.

^{NS}no significance

^{a-d}Means±SD with different superscripts in the same column differ significantly at the same day (p<0.05).

25.98, 25.19로 유의적으로 감소함을 알 수 있었다. 대조군은 26.42로 처리군 T1, T3, T4, T6와 유의적인 차이가 없이 유사한 값을 나타내었다. 저장 6일차까지는 전반적으로 연속처리방식 처리군들 보다 정지처리방식으로 처리한 T2, T4, T6가 높은 L값을 나타내었다. 하지만 저장 10일차부터는 조사선량이 300 W인 연속처리방식의 T3와 정지처리방식인 T4의 L값이 각각 29.58, 29.56으로 처리군들 중 가장 높은 값을 나타내었다. 다음으로 대조군, T1, T2가 각각 28.80, 28.21, 27.97로 높았고, T5, T6는 각각 27.30, 24.08로 나타나 T6가 가장 낮은 L값임을 알 수 있었다. 마지막 저장일인 14일차의 T3는 28.58로 가장 높았고 T6는 24.49로 가장 낮았다(p<0.05). 적색도를 나타내는 a값의 경우 저장 0

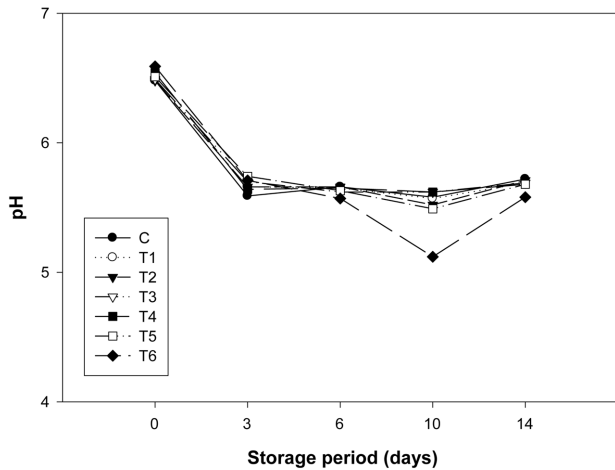


Fig. 2. Changes in pH of beef loin during storage at 4°C after various microwave treatments. C, T1, T2, T3, T4, T5, T6; Refer to the comment in Table 1.

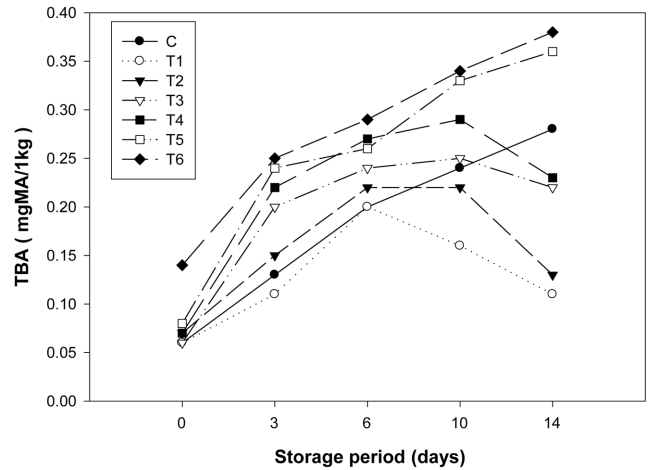


Fig. 3. Changes in thiobarbituric acid (TBA) values of beef loin during storage at 4°C after various microwave treatments. C, T1, T2, T3, T4, T5, T6; Refer to the comment in Table 1.

일차에 대조군의 a값이 16.50으로 가장 높았으나 저장 기간이 증가하면서 조사 처리군의 a값이 높게 나타났다. 저장 3일차에는 조사선량이 600 W인 정지처리방식의 T6처리군의 a값이 15.06으로 다른 처리군들 보다 유의적으로 높은 값을 나타낸 반면 조사선량이 100 W 연속처리방식 처리군인 T1이 가장 낮은 10.41을 나타내었다. 저장 초기와는 달리 저장 6일차의 대조군은 10.09로 가장 낮은 a값을 보였고 100 W 정지처리방식 T2의 a값이 13.43으로 가장 높았다. 저장 6일차에 T3, T4, T5는 각각 11.90, 11.63, 11.69로 처리군간의 유의적인 차이가 없었다. 저장 10일차에 T6가 가장 높은 a값을 보였고 대조군은 가장 낮은 값을 보였다 ($p < 0.05$). 저장 14일째에는 T1, T5, T6는 처리군간의 유의적인 차이없이 각각 13.59, 13.59, 13.76으로 가장 높은 값을 나타낸 반면 대조군, T2, T3, T4는 각각 8.96, 9.76, 9.48, 8.74로 처리군간의 유의적인 차이는 없었고 T1, T5, T6보다 낮은 값을 보였다 ($p < 0.05$). 육색이 어두우면 소비자들의 선호도를 떨어뜨리게 된다. 따라서 적색도인 a값은 쇠고기의 품질을 판단할 수 있는 중요한 기준이 되어 중요하다고 판단된다. 갈색도 b값은 저장 0, 3, 6, 10, 14일째에 T6가 가장 높은 값을 나타내어 각각 6.31, 2.68, 2.96, 2.88, 2.70을 나타내었다. 조사선량이 높을수록 b값은 높은 경향을 나타내었다. 대조군은 저장 초기 6.37이었으나 저장 3일차에는 1.28로 낮은 값을 보여 조사처리군에 비해 쉽게 색이 변화되었음을 알 수 있었다. 마이크로파 조사처리가 대조군에 비해 우육의 L값을 다소 증가시키는 것으로 나타났으며 a값은 고선량에서 높은 값을 보였고 저선량에서는 대조군과 유사한 값을 나타내었고 b값에도 영향을 주는 것으로 나타났다. Lee와 Byoun(10)의 마이크로파를 처리한 쇠고기의 이화학적 특성 변화에서 색도 측정 결과 쇠고기의 L, b값은 마이크로웨이브 조사처리 하였을 때 대조군보다 높았고 a값은 높아지지만 대조군과 유의적인 차이는 없었다고 보고하였는데 이러한 색도의 변화는 metmyoglobin의 생성에 의해 암갈색으로 변화되었기 때문(11)인 것으로 판단된다. 이러한 식육의 마이크로파에 의한 색도 변화에 대해서는 향후 검토가 더 필요할 것이다.

pH값 변화

우육의 저장 기간 동안의 pH변화는 Fig. 2와 같다. 저장 0일차에 pH는 대조군이 6.48로 가장 낮았고 조사선량이 600 W인 정

지처리한 처리군인 T6가 가장 높은 6.59를 나타내었고 처리군들간의 유의적인 차이는 발견되지 않았다. 저장 3일차에 pH는 저장초기보다 확연히 감소하여 대조군이 5.59로 가장 낮았고 T1, T2, T3, T4, T5, T6가 각각 5.66, 5.66, 5.70, 5.64, 5.74, 5.71로 5.59-5.71수준으로 나타났다. Young 등(12)이 쇠고기의 정상 pH가 5.42-5.7이라고 보고한 범위내에 포함되어 있다. 저장 6일, 10일, 14일차에는 각 처리군들이 저장 3일차와 유의적인 차이 없이 일관된 pH 값을 보였다. 전반적으로 pH변화가 저장 0일차에 6.48-6.59였던 것이 저장 3일차에 감소하여 5.59-5.74로 저장 14일까지 유의적인 차이를 나타내지 않았다. Lee 등(13)의 보고에서 한우 쇠고기의 pH가 5.58-5.61, 호주산 쇠고기가 5.48이라고 한 것과 유사한 결과를 나타내었다. 한우육의 저장중 pH 변화는 지방의 산패에 따른 과산화물의 축적이나 단백질 분해에 의한 암모니아 생성과 당 및 지방이 분해되어 유기산, 알데하이드, 케톤, 알코올, 카보닐 등이 생성되어 pH에 영향을 준 것으로 판단하였다(14). 본 연구결과 저장 3일차에 우육의 pH는 급격히 감소한 것으로 나타났는데 이는 마이크로파 조사에 의해 미생물 생육억제 효소분비 억제 및 지방산패 지연에 따른 과산화물의 억제로 나타난 결과로 판단된다.

TBA값 변화

우육의 저장기간에 따른 TBA값의 변화는 저장 0일차에 대조군과 T1이 각각 0.06 mg MA/kg으로 다른 처리군들에 비해 유의적으로 가장 낮은 값을 나타내었고 T6가 0.14 mg MA/kg으로 다른 처리군들에 비해 유의적으로 가장 높은 값을 나타내었다 ($p < 0.05$). 저장 3일차에는 T1의 TBA가 0.11 mg MA/kg으로 다른 처리군들에 비해 가장 낮았고 T6가 0.25 mg MA/kg으로 가장 높았다. 저장 6, 10, 14일차에도 3일차와 마찬가지로 T1이 가장 낮은 TBA값을 보인 반면 T6가 가장 높은 값을 나타내었다. 저선량군인 T1, T2의 TBA는 저장 6일째까지 증가하였다가 다시 감소하는 경향을 보였는데 진공 포장된 쇠고기 햄버거 패티에 조사처리시 지질 산패도가 증가하지 않고 감소하였다는 보고(15)와 유사한 경향을 보였다. 우육의 마이크로파 조사에 의한 TBA는 마이크로웨이브 조사처리 직후인 0일차에 조사군이 가장 낮게 나타났고 연속처리방식 처리군이 정지처리방식 처리군 보다 낮은 TBA값을 나타내었다. 저장기간에 따른 TBA는 저선량인

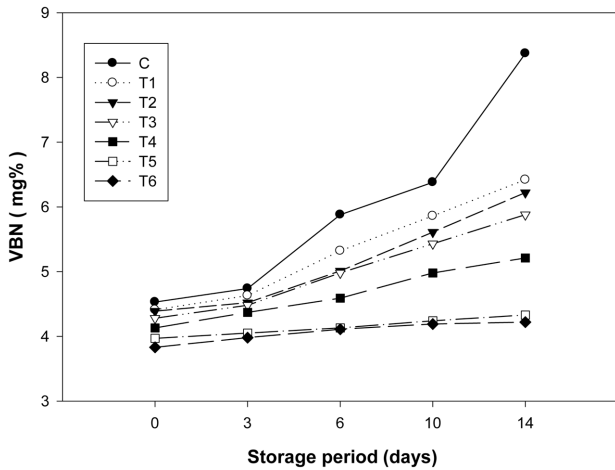


Fig. 4. Changes in volatile basic nitrogen (VBN) values of pork loin during storage at 4°C after various microwave treatments. C, T1, T2, T3, T4, T5, T6; Refer to the comment in Table 1.

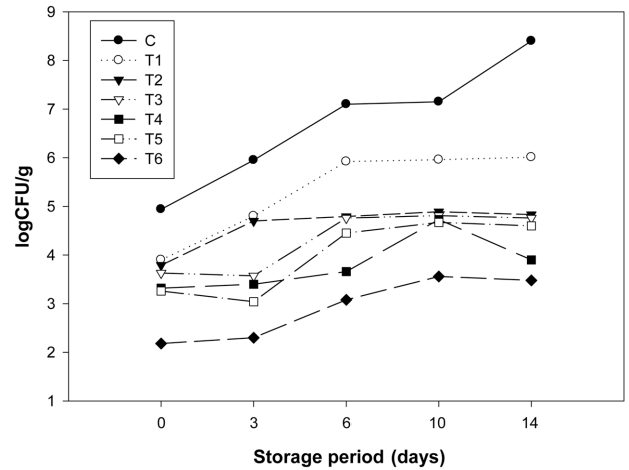


Fig. 5. Changes in total plate counts (TPC) of beef loin during storage at 4°C after various microwave treatments. C, T1, T2, T3, T4, T5, T6; Refer to the comment in Table 1.

100 W 처리군이 저장 기간 동안 가장 낮은 TBA값을 보여 저산량의 마이크로파조사가 고산량의 마이크로파조사보다 우유의 지방산패에 더욱 효과적이라는 사실을 확인할 수 있었다.

VBN값 변화

단백질의 부패도를 측정된 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 조사 처리직후인 0일차부터 저장기간 14일동안 VBN값은 대조군이 가장 높았으며 그 증가폭이 가장 컸음을 알 수 있었다. 식품에서 VBN 값은 단백질이 albumose, peptone, peptide, amino acid 등으로 분해된 후 세균의 환원 작용으로 생성되는 것으로 저장 중 VBN 함량의 증가는 세균의 증식과 연관성이 있는 것으로 알려져 있다. Jung 등(16)은 고급과 저급의 우유를 합기 포장하여 1°C에서 28일 동안 저장한 결과 저급 우유의 경우 저장 21일차에 21.01 mg%로 매우 높은 수치를 나타내어 부패도가 높았다고 보고 하였다. 일반적으로 신선육의 경우 20 mg% 이상이 되면 부패되었다고 알려져 있다(16). 대조군의 저장 0, 3, 6, 10, 14일차의 VBN값은 각각 4.53, 4.74, 5.88, 6.38, 8.37 mg/100 g으로 저장 14일차에는 저장초기 0일차보다 약 2배에 가까운 단백질 부패도를 보였다. 연속처리군 보다 정지처리군의 처리군들이 낮은 VBN값을 나타내었다. 특히 저장 기간이 증가할수록 처리군간의 VBN값의 차이는 크게 나타남을 알 수 있었다. 연속처리방식의 T1, T3, T5의 저장 14일차 VBN값은 각각 6.42, 5.88, 4.33 mg/100 g으로 조사선량이 증가할수록 낮은 VBN값을 보였다. 또한 정지처리방식의 T2, T4, T6의 VBN값이 저장 14일차에 각각 6.22, 5.21, 4.22 mg/100 g로 나타나 선량이 증가할수록 감소함을 보였다. 마이크로파에 의한 우유동심의 단백질 부패도는 정지처리방식으로 처리한 처리군들이 연속처리방식 처리군들보다 낮았고 마이크로웨이브 조사처리가 단백질 부패를 억제함을 확인할 수 있었다. 한국산업규격(KS)에서 제시하는 쇠고기 포장육의 품질기준이 15 mg% VBN인 것을 감안하였을 때 본 연구에서 처리된 쇠고기는 대조군을 비롯한 마이크로파 처리 시료모두 저장 14일째까지 품질이 15 mg% VBN이하였으므로 품질 기준에는 적합한 것으로 나타났으며 대조군의 VBN 수치가 저장기간이 증가할수록 유의적으로 증가하는 반면 마이크로파처리군은 대조군에 비해 유의적으로 낮은 VBN을 보여 쇠고기에 마이크로파 처리가 유통 시 품질을 효과적으로 유지시켜 줄 것으로 기대되었다.

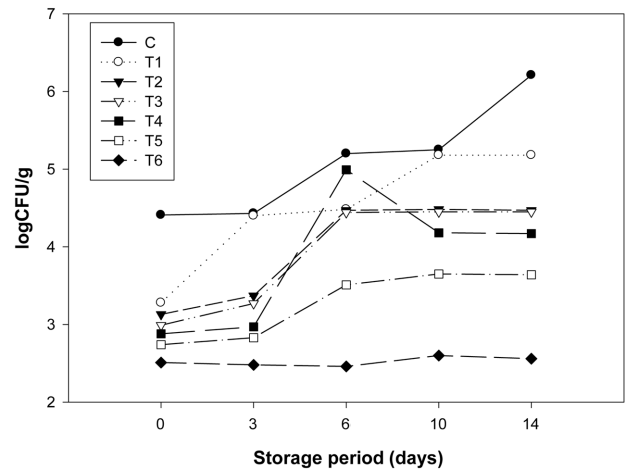


Fig. 6. Changes in psychrophile of beef loin during storage at 4°C after various microwave treatments. C, T1, T2, T3, T4, T5, T6; Refer to the comment in Table 1.

총균수 변화

저장기간에 따른 미생물의 총균수는 0일차에 대조군이 10⁴ CFU/g으로 나타났으나 조사선량의 증가에 따라 총균수가 감소하면서 600 W 정지처리방식으로 처리한 T6의 경우 10² CFU/g으로 감소함을 알 수 있었다. 대조군은 저장기간 모두에서 가장 높은 총균수 값을 나타낸 반면 T6는 가장 낮은 총균수값을 보였다. 저장 3일차에 대조군은 10⁵ CFU/g으로 총균수가 증가하였고 100 W로 같은 조사선량인 T1, T2는 10⁴ CFU/g로 나타났었다. T3, T4, T5는 10³ CFU/g으로 나타났으며 T6는 10² CFU/g으로 나타나 조사선량별 총균수의 감소를 확인할 수 있었다. 저장 6, 10일차에는 대조군, T1, T2, T3, T5, T6의 총균수가 각각 10⁷, 10⁵, 10⁴, 10⁴, 10⁴ CFU/g으로 저장기간에 따른 변동이 없었고 저장 14일차에 조사처리군은 저장 6, 10일차보다 총균수가 감소하거나 변동이 없었던 반면 대조군에서만 증가하여 10⁸ CFU/g을 나타내었다. 한 우유의 미생물 실험결과 저장 14일차에 10⁵ CFU/g인 것이 저장 28일차에는 10⁸ CFU/g로 증가하여 부패현상을 나타내었다라고 보고한 Jung 등(16)의 결과와 유사한 결과를 보였다. 고산량인 600 W 정지처리방식으로 처리시 저장 14일째에도 10³ CFU/g인 것

로 확인되어 미생물 억제효과가 있는 것으로 나타났고 연속처리 방식보다는 정지처리방식의 마이크로웨이브 조사처리가 미생물 사멸에 더욱 효과적인 것으로 나타났다.

저온성 세균수 변화

저장기간에 따른 우육의 저온성 세균수는 대조군이 저장 0일차에 10^4 CFU/g였고 조사선량이 증가하면서 저온성 세균수는 감소하여 T1, T2가 10^3 CFU/g, T3, T4, T5, T6가 10^2 CFU/g로 나타났다. 저장 기간에 따른 저온성 세균수의 수는 대조군의 경우 저장 3일까지 저장초기와 동일한 값을 보이다가 저장 6, 10일차에는 증가하여 10^5 CFU/g 나타내었고 저장 14일차에는 10^6 CFU/g까지 값이 증가하였다. 반면 저장기간 중 조사처리군들의 저온성 세균수값의 변화는 선량이 증가할수록 값의 변화가 적게 나타났고 연속처리방식 보다 정지처리방식의 처리군들의 값이 더 낮았음을 알 수 있었다. 저장 14일차에 저온성세균의 수는 T1, T3, T5 연속처리군들의 값이 각각 10^5 , 10^4 , 10^3 CFU/g으로 나타났으며 T2, T4, T6 정지처리군들의 값은 각각 10^4 , 10^4 , 10^2 CFU/g으로 나타나 선량이 증가하면서 미생물의 감소를 확인할 수 있었고 비조사처리군보다 조사처리군의 미생물 사멸 억제효과가 있음을 알 수 있었다. 이상으로 쇠고기에 마이크로파 조사처리를 하여 14일간 저장하면서 이화학적, 미생물학적 품질변화를 측정해본 결과, 마이크로웨이브 처리한 처리군이 처리하지 않은 대조군보다 L, a, b값이 더 높았고 지방산패를 지연시키며 VBN은 적게 발생시킬 뿐만 아니라 총균수 및 저온성 세균수의 생장도 억제한다는 사실을 확인할 수 있었다. 특히 마이크로웨이브 처리 중 저선량으로 정지처리방식을 병행하였을 경우 더욱 효과적으로 쇠고기의 품질을 유지하는 것으로 나타났다.

요 약

본 연구에서는 우육 등심에 대한 마이크로파 조사효과를 검토하고 최적 조건을 확인하고자 하여 마이크로파 조사처리(연속처리방법: CW, 정지처리방법: HW)된 우육등심을 14일간 4°C에 저장하면서 이화학적, 미생물학적 품질 변화를 관찰하였다. 우육의 L값은 저장 6일까지 조사선량이 증가할수록 정지처리방식과 연속처리방식 모두 감소하는 경향을 보였고 저장 10일차 이후에는 T3가 가장 높았고 T6가 가장 낮았다. 조사처리가 a, b값에 영향을 주는 것으로 나타났다. 우육의 pH는 조사 직후 0일째에 6.48-6.59였으나 3일 후에 급격히 감소되어 5.59-5.71로 나타났으며 ($p>0.05$) 저장 14일까지 유의적인 pH 변화가 없었다. 우육의 TBA 값은 조사선량이 높을수록 TBA 값이 증가하는 것으로 나타났으며 정지처리방식보다 연속처리방식에서 TBA 값이 낮아 지질산패도지연에 효과적이었다. 단백질 부패도를 나타내는 VBN 값은 전 처리구간에서 대조군이 가장 높았고 조사선량이 증가할수록 낮은 단백질부패도를 보였다. 총균수는 대조군의 경우 저장 14일째 10^8 CFU/g인 것이 조사처리군인 T6의 경우 10^3 CFU/g으로 나타났다. 저온성 세균수는 대조군이 가장 높았고 저장기간이 증가하면서 증가한 반면, 조사처리군인 T6는 가장 낮은 10^2 CFU/g값

을 저장 14일까지 유지하여 미생물 생장을 지연시켰다. 본 연구 결과 우육에 마이크로파 처리가 품질을 유지하면서 미생물 생육을 지연시키는 것으로 나타났으며 우육등심의 품질변화를 최소화하면서 진공포장의 단점인 육색의 변색방지 및 미생물 억제효과를 나타내어 신선육으로 유통시킬 수 있는 최적 조건의 마이크로파 조사조건은 100 W 정지처리방식인 T2인 것으로 나타났다.

문 헌

1. Lee HW. The supply trend of U.S. Livestock products, and a view. *World Agric.* 137: 1-2 (2012)
2. Lee HW, Nam KS. Livestock and Poultry: World Markets and trade. KREL Press, Seoul, Korea. pp. 1-8 (2012)
3. Huh YS. Effect of microwave treatment on the quality improvement of beef meat. MS Thesis, Korea University, Seoul, Korea (2008)
4. Kum JS. Development and application of novel food by microwave heating. *Food Technol.* 7: 81-87 (1994)
5. Mizrahi S. Mechanisms of objectionable textural changes by microwave reheating of foods: a review. *J. Food Sci.* 77: 57-62 (2012)
6. Folch J, Less M, Sloanestanley GH. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. *J. Biol. Chem.* 226: 497-500 (1957)
7. Waters. AccQ-Tag Amino acid analysis system. Operator's Manual, Manual No. 154, Milford, MA, USA (1993)
8. SAS Institute, Inc. SAS User's Guide. Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC, USA (1998)
9. Kang JO, Cho, DY, Oh HR, Kim GH. Comparison of physico-chemical characteristics of the meat quality grades in Hanwoo beef and imported beef of several countries: A consideration on meat color fat color and maturity. *J. Anim. Sci. Technol.* 41: 555-562 (1999)
10. Lee KA, Byoun KE. Microbial changes and physico-chemical properties of beef and pork loin with microwave treatment. *Korean J. Human Ecol.* 14: 217-221 (2005)
11. Cho SH, Seong PN, Kang GH, Park BY, Jung SG, Kang SM, Kim YC, Kim JJ, Kim DH. Meat quality and nutritional properties of Hanwoo and imported Australian beef. *Korean J. Anim. Sci.* 31: 772-781 (2011)
12. Young OA, Zhang SX, Farouk MM, Podemore C. Effect of pH adjustment with phosphates on attributes and functionalities of normal and high pH beef. *Meat Sci.* 70: 133-139 (2005)
13. Lee JM, Kim TW, Kim JH, Cho SH, Seong PN, Jung MO, Cho YM, Park BY, Kim DH. Comparison of chemical, physical and sensory traits of Longissimus Lumborum Hanwoo beef and Australian Waryu beef. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* 29: 91-98 (2009)
14. Kook K, Kim KH. Changes of physico-chemical, microbiological and sensory properties on Hanwoo beef fed with supplemental *Bamboo Vinegar* during refrigerated storage. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* 25: 403-408 (2005)
15. Luchsinger SE, Kropf DH, Garcia Zepeda CM, Hunt MC, Stroda SL, Marsden JL, Kastner CL. Color and oxidative properties of irradiated ground beef patties. *J. Muscle Foods* 8: 445-464 (1997)
16. Jung GG, Park NY, Lee SH. Quality characteristics of high and low grad Hanwoo beef during storage at 1°C. *Korean J. Food Sci. Technol.* 38: 10-15 (2006)