

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

Ho Jin Kang, Jong-Dae Park, Hyun-Yu Lee, and Jun-Seok Kum[†]
Korea Food Research Institute, Seongnam 463-746, Korea

마이크로파 조사처리 돈육등심의 4°C 저장 중 이화학적 및 미생물학적 변화

강호진 · 박종대 · 이현유 · 김준석[†]
한국식품연구원

Abstract

The objective of this study was to evaluate the changes in the physicochemical and microbiological characteristics of pork loin meat through microwave treatment. The microwave treatment was divided into two groups: continuing microwave treatment (CW) and holding microwave treatment (HW). The microwave treatment resulted in a whiter color (L value) and affected the a, b value. The initial pH was 5.51~5.74, but it increased to 6.32~6.51 when the pork loin samples were stored for three days. During storage for 14 days, the pH changes were not significantly different ($p>0.05$). The thiobarbituric-acid values of all the pork loin samples increased along with the storage period, and decreased with increasing microwave dose. The volatile basic nitrogen (VBN) content of the control was higher than those of the other samples, and the VBN content decreased along with the microwave dose. The total plate counts of the pork loin samples decreased with increasing microwave dose. The study results indicated that T2 (100 W, HW) is most effective for the safety of pork loin meat without decreasing the meat's physicochemical and microbiological characteristics.

Key words : Microwave, pork, physico-chemical, microbiological, characteristics

서 론

우리나라 사람들이 즐겨먹는 돼지고기는 주요 육류자원이며 1인당 돼지고기 소비량은 19.1 kg/year으로 전체 육류 소비량 중 54.4%로 큰 비중을 차지하고 있다(1). 돼지고기에는 비타민 B₁이 풍부하며(0.4~0.9 mg/100 g), 쇠고기(0.07 mg/100 g)보다 약 10배 정도 많은 비타민 B₁을 함유하고 있다. 또한 돼지고기는 지방 함량이 높은 것으로 알려져 있지만 쇠고기에 비해 포화지방산인 stearic acid는 적고 oleic acid, linolenic acid 등 불포화지방산 함량은 상대적으로 많다. 또한, 지방의 과도한 섭취가 질병발생의 원인이 되어 사회적 이슈가 되기도 하지만 일정 지방의 섭취는 우리몸에 꼭 필요한 영양소 중의 하나이며(2) 단백질의 급

원인 육류의 섭취는 최근 국민 소득 향상과 더불어 맛과 영양을 중요시 여기는 소비자들이 많아지면서 육류 구매시 고기의 품질을 더욱 고려하여 선택하고 있다(3).

한편, 마이크로파는 전자파의 일종으로 식품의 데치기 공정, 조리, 저온살균, 살균, 해동 등의 다양한 공정으로 식품산업에 이용되어지고 있다(4). 마이크로파는 식품자체 안에서 열을 발생하게 하며 열전달을 위한 매개체가 적용되지 않아 식품안에서 열전도에 의존하지않기 때문에 식품자체의 온도가 급속히 증가하게 된다. 또한, 전체가열시간이 짧아 식품의 내외부의 동등한 살균효과가 나타나며 살균시간도 짧기 때문에 맛, 향, 색, 열에 민감한 물질의 품질유지에 적합한 가열 시스템이다(5). 식품의 살균저장에 지금까지 사용되어온 화학약품, 고온가열처리 등은 안정성 문제로 점차 사용에 제한을 두게 됨에 따라 안정성과 실용성이 인정된 마이크로파 조사기법과 같은 핵심기술 개발 요구가 대두되고 있는 실정이다(4). 육류의 해동으로 국한되어 왔

[†]Corresponding author. E-mail : jskum@kfri.re.kr
Phone : 82-31-780-9056, Fax : 82-31-780-9036

던 마이크로파 조사는 지금은 품질변화와 미생물오염에 의한 변질, 표면의 과열로 인한 변색, 조직감의 변화를 막아 주는 기술로 사용될 수 있다. 최근 세계적인 육류의 유통 경향은 동결육 보다 신선육을 그대로 보존하는 추세에 따라 지육을 부분육으로 소포장하여 유통하고자 하는 실정이므로 이러한 흐름에 맞게 마이크로파 기술을 활용하여 유통한다면 안정성과 실용성, 위생화 및 경제성까지 고루 갖춘 최신 기술법으로 거듭날 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 마이크로파 조사가 돈육 등심에 미치는 영향을 확인하기 위하여 4°C에 저장하면서 14일 동안 이화학적, 미생물학적 품질특성을 살펴보았다. 궁극적으로 진공 소포장화된 마이크로파 조사 돈육 등심의 품질유지를 확인하고 이를 통해 돈육의 품질에 마이크로파 조사의 최적조건을 찾고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

실험에 사용한 재료는 냉장상태로 저장된 돈육 등심을 (주)도림에서 구입하여 frozen meat slicer (HFS-300, Hankook Fujee Industries Co., Ltd, Korea)를 이용하여 고기의 두께는 1.5 cm, 중량은 75±0.5 g 으로 하여 원의 형태로 등글게 잘라 실험에 사용하였다. 이 때 과도한 지방과 결체조직은 제거한 후 실험재료로 사용하였다.

시료의 조제

돈육의 마이크로파 조사처리 방법은 주파수 2,450 MHz 에서 출력과 작동시간이 조절 가능한 마이크로파 건조기 (Fig. 1)를 이용하여 예비실험을 통한 처리조건을 설정하였다. 처리방식은 연속처리방식(continuing microwave treatment; CW)과 정지처리방식(holding microwave treatment;HW)으로 나누어 출력을 100 W/90s, 100 W/90(60)90s, 300 W/90s, 300 W/90(60)90s, 600 W/90s, 600 W/90(60)90s로 처리하였다(Table 1). 각 시료를 poly vinylidene chloride (PVDC, IPS

Korea Industries Co., Ltd, Korea)로 진공포장하여 마이크로파 조사처리 하였으며 0, 3, 6, 10, 및 14일간 4°C 저장고에 저장하면서 이화학적, 미생물학적 변화를 관찰하였다.

색도 측정

육색은 포장 개봉한 등심근을 30분 동안 홍색화 (blooming)시킨 상태에서 측정 하였다. 돈육 등심의 색도는 색차계 (CR-300, KONICA MINOLTA, Tokyo, Japan)를 사용하여 L (Lightness)값, a (Redness)값, b (Yellowness) 값을 측정하였다. 이 때 표준백판 값은 L, a, b값이 각각 96.86, -0.07, 2.02로 나타났다.

pH value 측정

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

TBA (thiobarbituric acid) value 측정

지방의 산패도를 나타내는 TBA값을 측정하였다. 즉, 10 g의 분쇄육에 실험중의 산화방지를 위하여 BHA 50 µg 첨가 후 20% TCA용액 25 mL을 첨가하여 2분간 14000 rpm으로 균질화하고 volumetric flask에 넣어 증류수로 50 mL이 되게 하였다. 이를 균일하도록 흔들어준 다음 여과지 (Watman No.1, Japan)로 여과시킨 후 여과액 중 3 mL을 취해 test tube에 넣고 0.005 M 2-thiobarbituric acid 3 mL을 넣고 잘 혼합한 후 실온암소에서 15시간 동안 활성화시킨 후 530 nm의 흡광도에서 측정하였다.

VBN (volatile basic nitrogen) value 측정

단백질 부패도를 나타내는 VBN값은 Conway unit로 측정하였다. 즉, 돈육 10 g을 증류수 90 mL을 가하여 14,000 rpm에서 5분간 균질화한 후 균질액을 여과지(Watman

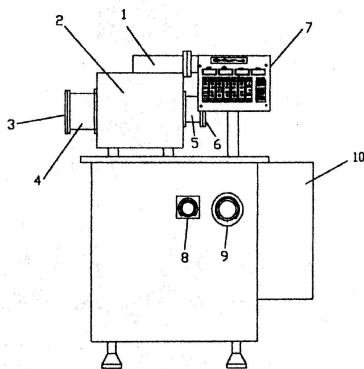


Fig. 1. The structure of microwave dryer.

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

Table 1. The conditions of microwave treatment on pork loin meats

	Samples	Conditions of microwave treatment
	Control (C)	Untreated (Fresh pork)
Continuing microwave treatments (CW)	T1	Microwave Heating, 90 s, 100 W
	T3	Microwave Heating, 90 s, 300 W
	T5	Microwave Heating, 90 s, 600 W
Holding microwave treatments (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

No.1)로 여과 시킨 후 여액 중 3 mL을 취해 Conway unit의 외실에 넣고 내실에 0.01 N 붕산 1 mL과 지시약 3방울을 넣은 후 빨리 뚜껑을 닫은 후 외실에 50% K₂CO₃ 1 mL을 넣고 바로 밀폐하였다. 용기를 수평으로 회전하여 외실의 sample과 K₂CO₃가 섞이게 한 후 37°C의 incubator에서 120 분간 활성화 시켰다. 뚜껑을 조심스럽게 열고 붕산 용액을 0.02 N H₂SO₄로 신속히 적정하였다.

VBN value (mg%)=(a-b)×F×28/sample의 량×100

a : 실험군 적정치 mL

b : 대조군 적정치 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 plate count) 측정

시료의 표면에서 일회용 멸균칼을 이용하여 시료를 절취한 후 이 시료를 stomacher bag에 넣고 2분간 stomacher (Stomacher 400, seward, medical, UK)를 이용하여 균질시킨 다음 0.85 % 멸균생리식염수에 넣은 후 일정비율로 희석하였다. 희석액 1 mL을 취해 Petrifilm™ (3M,USA;AOAC) PlatingMethod로 접종하여 35°C incubator에 24시간 배양 후 붉은 색으로 염색되어지는 균수를 계수 하였다.

통계분석

모든 실험측정은 3반복 측정하여 평균치와 표준오차를 계산하였고, 각 군간 차이의 통계적 유의성은 SAS(6) Ver6.03 통계프로그램을 이용하여 Duncan의 다중범위검정법(multiple range test)을 사용하여 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

육색의 변화

마이크로파 처리직후 4°C에 저장한 육색의 결과를 Table 2에 나타내었다. 식육의 품질평가에 있어 중요한 요인으로

작용하는 육색은 소비자들의 식육 구매시 가장 기초가 되는 요소이다(7). 처리군들간의 L값은 조사 직후(0일차)에는 600 W 정지처리방식(T6)이 53.64로 다른 처리군들에 비하여 가장 높았고(p<0.05) 300 W 연속처리방식(T3)이 36.26으로 가장 낮게 나타났다. 저장 3일째에는 대조군, T1, T2의 L값이 각각 40.29, 42.51, 41.59으로 다른 처리군 보다 낮은 값을 보였다. 저장 6일째에는 T4가 47.96으로 가장 높은 L값을 나타내었고 대조군인 C가 39.25로 다른 조사 처리군에 비하여 유의적으로 가장 낮은 L값을 보였다(p<0.05). 저장 10일째에는 처리군들간의 유의적인 차이를 보이지 않았고 저장 14일 후에는 T2와 T5의 L값이 각각 46.80, 45.44로 다른 조사 처리군에 비해 유의적으로 가장 높았고 대조군이 40.60으로 가장 낮은 값을 나타내었다(p<0.05). 전반적으로 대조군이 낮은 L값을 보여 조사처리군과의 유의적인 차이는 발견되었으나 조사선량에 따른 유의성은 없는 것으로 나타났다.

적색도 a 의 경우 조사 직후에는 대조군과 처리군들간의 유의적인 차이가 없었고 저장 3일째 T3가 7.80으로 다른 처리군에 비해 가장 높은 값을 나타낸 반면(p<0.05) 대조군이 6.11로 가장 낮은 값을 나타내었다(p<0.05). 저장 6일째에는 T2가 7.82로 가장 높았고 T3, T4, T5는 유의적인 차이가 나지 않았으나 T6는 5.63으로 가장 낮은 a값을 보였다. 저장 10일째에 T5가 가장 높은 a값을 나타내었고 T2가 6.68로 가장 낮았다. 저장 14일째에 비조사처리군인 대조군이 가장 낮은 값을 보인 반면 조사처리군들간에는 T2를 제외하고는 유의적인 차이를 보이지 않고 높은 값을 유지하였다. 육색은 myoglobin이 산소와의 반응으로 나타나며 육색 소내의 산소의 양, 조직내의 효소활성, 저장온도, 미생물의 오염도, pH 등에 따라 다르게 나타난다(8). 특히 myoglobin과 산소와의 반응이 육색변화에 가장 큰 영향을 미치는데(9) 돈육 등심에 저선량의 방사선 조사 결과 비조사군들은 저장기간이 길어질수록 L, a, b값이 감소되었고 조사처리군들은 L값과 b값은 저장 8일째까지 저장초기와 유사한 값을 나타낸 반면 a값은 감소한다고 하였고(10) pork loin chop의 경우는 ground pork와 달리 저선량 방사선 조사가 L값에는 영향을 주지않고 a값은 증가시켰다고 한다(10). 갈색도인

Table 2. Changes in meat color (Hunter L, a, b) of pork loin meats during storage at 4°C after various microwave treatments

Storage period (days)	Samples ¹⁾	L	a	b
0	C	37.56±1.29 ^{b2)}	6.06±0.83	1.74±0.43 ^b
	T1	37.77±2.65 ^b	5.93±0.52	2.22±0.91 ^b
	T2	36.33±1.88 ^b	6.02±0.74	1.56±0.43 ^b
	T3	36.26±1.72 ^b	5.42±0.63	1.54±0.37 ^b
	T4	42.63±10.17 ^b	5.33±0.50	2.81±2.60 ^b
	T5	36.96±1.36 ^b	5.36±0.88	1.48±0.31 ^b
	T6	53.64±9.16 ^a	5.87±1.21	6.42±2.07 ^a
3	C	40.29±1.61 ^b	6.11±0.90 ^b	1.55±0.46 ^c
	T1	42.51±4.04 ^b	7.59±0.93 ^{ab}	2.88±2.07 ^{bc}
	T2	42.59±1.26 ^b	7.58±1.02 ^{ab}	2.40±0.46 ^{bc}
	T3	47.57±2.13 ^a	7.80±1.50 ^a	3.63±0.92 ^{ab}
	T4	49.24±0.88 ^a	6.24±0.82 ^b	3.62±0.20 ^{ab}
	T5	48.72±0.99 ^a	6.20±0.85 ^b	4.76±0.94 ^a
	T6	47.57±1.14 ^a	7.03±1.13 ^{ab}	4.99±0.76 ^a
6	C	39.25±2.74 ^d	6.49±1.02 ^{bc}	0.87±0.38 ^d
	T1	40.66±1.78 ^{cd}	6.97±0.66 ^{ab}	1.38±0.43 ^{cd}
	T2	43.08±0.86 ^{bc}	7.82±0.53 ^a	2.81±0.28 ^b
	T3	41.21±1.17 ^{cd}	6.48±0.51 ^{bc}	1.78±0.20 ^c
	T4	47.96±1.27 ^a	6.15±1.04 ^{bc}	4.26±0.59 ^a
	T5	44.02±1.79 ^b	6.35±0.98 ^{bc}	2.41±0.31 ^b
	T6	39.62±2.99 ^d	5.63±0.80 ^c	1.20±0.71 ^{cd}
10	C	43.31±1.31	7.15±0.87 ^{ab}	2.63±0.45 ^{bc}
	T1	41.57±2.81	7.50±1.01 ^{ab}	1.77±0.37 ^c
	T2	40.50±2.75	6.68±0.49 ^b	1.63±0.82 ^c
	T3	41.77±2.00	7.32±0.77 ^{ab}	2.82±0.81 ^{ab}
	T4	43.10±1.81	7.21±0.63 ^{ab}	3.16±0.90 ^{ab}
	T5	42.48±0.91	8.34±1.43 ^a	3.84±0.93 ^a
	T6	41.80±2.43	7.32±0.64 ^{ab}	3.00±0.78 ^{ab}
14	C	40.60±1.74 ^c	6.14±0.51 ^b	1.12±0.31 ^d
	T1	41.24±2.44 ^{bc}	7.56±0.45 ^a	1.75±0.28 ^{cd}
	T2	46.80±2.11 ^a	6.89±0.47 ^{ab}	5.58±1.26 ^a
	T3	41.95±0.52 ^{bc}	7.59±0.64 ^a	2.66±0.27 ^c
	T4	42.27±1.87 ^{bc}	7.14±0.70 ^a	2.51±0.66 ^c
	T5	45.44±1.23 ^a	7.17±0.40 ^a	4.81±0.81 ^{ab}
	T6	43.20±1.04 ^b	7.57±1.00 ^a	4.06±0.50 ^b

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

²⁾Means±SD with different superscripts in the same column differ significantly (p<0.05).

b값은 저장 0일째에 T6이 6.42로 가장 높은 값을 나타내었고 대조군을 포함한 다른 모든 처리군들간에는 유의적인 차이가 없었다. 저장 3일째에 T5, T6이 각각 4.76, 4.99로

가장 높았고 대조군이 1.55로 가장 낮았다(p<0.05). 저장 6일째와 10일째에는 T5가 가장 높은 b값을 나타내었으며 저장 14일째에는 대조군은 가장 낮은 값인 1.12인 반면 다른 조사처리군들은 대조군에 비해 유의적으로 높았고 이중 T2가 5.58로 가장 높았다. 돼지고기에 조사처리가 L값에는 영향을 주지않았던 반면 a와 b값에는 유의적으로 영향을 끼치는 것으로 나타난다고 보고하였다(11). 육색의 변화는 포장상태에 따른 가공공정이 최종 육제품의 육색변화에 영향을 끼친다고 한다(12). 본 실험결과 돈육 등심의 L값은 모든 저장기간 중에 대조구가 가장 낮은 값을 나타내어 0, 3, 6, 10, 14일에 L값이 각각 37.56, 40.29, 39.25, 43.31, 40.60이었다. L값은 조사선량이 높거나 연속처리방식 보다 정지처리방식의 돈육이 높은 경향을 나타내었다. 적색도 a값과 황색도 b값은 비조사군보다 조사군이 더 높았고 조사처리군간의 일관성있는 유의성은 발견되지 않았다. 돈육의 a와 b값의 변화는 조사처리중 oxymyoglobin이 metmyoglobin으로 전환되는 과정에서 일어나는 것으로 특히 진공포장상태에서 돈육의 조사처리는 상당량의 deoxymyoglobin을 유발하고 이는 곧 a값의 감소에 영향을 주는 것으로 알려져 있다(10). 그러나 deoxymyoglobin은 진공포장을 벗겨내는 순간 산화에 의해 다시 oxymyoglobin이 되며 이는 a 값의 증가를 가져온다고 한다(13). 본 연구에서는 시료의 처리방식에 따라 색도의 변화가 다른 양상을 보였는데 연속처리방식(CW)에서는 조사선량이 높아질수록 L값, b값은 증가하고 a값은 감소하는 경향을 보였고 반면 정지처리방식(HW)에서는 조사선량이 증가하면서 L값의 경우 저장 3일째까지는 증가하였으나 이후 14일까지는 오히려 감소하였다. 적색도 a값은 저장 6일째까지는 감소하였다가 이후로는 증가하는 추세를 보였고 b값은 저장 10일까지 증가하는 경향을 보였다. 색소에 영향을 주는 것은 비단 험철(Fe²⁺)의 산화환원 작용에만 국한되는 것이 아니라 단백질과 porphyrin 고유의 물리적 상태나 수용기 간의 결합상태도 영향을 끼친다고 알려져 있다(14). 돈육 등심에 마이크로파 조사처리는 돈육등심의 L값을 증가시키고 a, b값에도 영향을 주는 것으로 확인되었다. 0

pH 변화

저장기간동안의 pH변화는 Fig. 2과 같다. 조사직후 저장 0일째의 돈육등심의 pH는 조사선량이 증가하면서 처리방식에 관계없이 증가하는 경향을 보였으며 pH는 5.51~5.74였으며 유의적인 차이는 없었다. 일반적으로 신선한 돈육의 pH를 5.6~5.8로 보고 있는데(10), 초기 pH는 전처리구간에서 대체로 신선도를 유지한 것으로 나타났다. 저장 3일째에는 pH가 확연하게 전처리구간에서 증가하는 경향을 보였다. 대조군이 가장 낮은 6.32를 보였고 조사처리군간에는 유의적인 차이가 없이 6.44~6.51로 나타났다(p> 0.05). 저장중 돈육의 pH변화는 미생물에 의한 것으로 미생물이 성

장함에 따라 염기성물질이 생성되어 pH가 높아지는 것으로 알려져 있다(15). 또한 식육내부의 단백질과 지질의 분해 및 미생물 증식으로 인해 ammonia나 amino sugar complex와 같은 부패산물의 형성에 따라 pH가 증가한다고 보고한다(16). 저장 6일째에는 전 처리군들이 저장 3일째보다는 다소 감소하는 듯 하였으나 유의적인 차이는 없었고 저장 14일째까지 pH의 변화는 미미한 것으로 확인되었다. 저장 마지막 날인 14일차에 대조군, T1, T2, T3, T4, T5, 및 T6의 pH는 각각 6.40, 6.42, 6.17, 6.25, 6.48, 6.37, 및 6.36이었다 ($p > 0.05$). 돈육 등심의 냉장저장(4°C)중 대조군과 실험군간의 유의적인 차이는 없었다는 Kang 등(17)의 결과와 유사하였고 Kang 등은 어서초 분말을 첨가한 돈육 등심이 저장기간 23일동안 저장기간 경과에 따른 유의적인 차이가 없었다고 보고하였다. Lee 등(18)은 진공포장한 후 4°C에 돈육을 저장한 결과 저장기간이 경과하면서 pH가 증가하였다고 보고하였고 진공한 정도가 낮을수록 그 증가폭이 컸다고 하여 진공포장이 돈육의 pH에 영향을 준다는 것을 알 수 있었다. 식육은 저장기간이 경과함에 따라 단백질 완충물질의 변화, 전해질 해리의 감소 및 암모니아 생성 등에 의해 pH가 상승한다고 보고하였다(19).

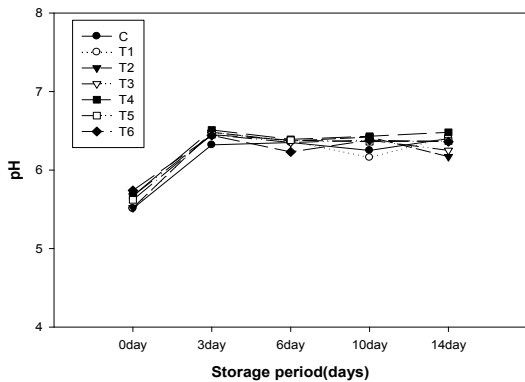


Fig. 2. Changes in pH of pork loin meats during storage at 4°C after various microwave treatments.

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

지방산패도(TBARS value)

돈육등심의 저장기간에 따른 지방산패도를 Fig. 4에 나타내었다. 조사직후인 저장 0일차에 대조군과 T1, T2, T3, T4, T5, T6의 지방산패도는 각각 0.13, 0.13, 0.17, 0.18, 0.18, 0.23, 0.27 mgMA/1 kg으로 나타났다. 저장 기간이 증가함에 따라 지방산패도는 전처리군간에서 증가하는 것을 알 수 있었다($p < 0.05$). 대조군을 포함한 처리군들 중 저장기간에 따른 지방산패도의 증가가 가장 완만한 처리군은 T2로 저장 기간 0, 3, 6, 10, 14일째에 지방산패도는 각각 0.17, 0.22, 0.23, 0.26, 0.26으로 나타나 저장 6일차부터 14일째까지 다른 처리군들 보다 가장 낮은 값을 보였다. 대조군보다 낮은 지방산패도를 보인 T1의 경우 저장 6일차까지는 대조군과 유사한 값을 보이다가 저장 10일째부터는 더 이상

값이 증가하지않고 오히려 감소하여 저장10, 14일차에 지방산패도는 각각 0.28, 0.25 mgMA/kg로 나타났다. 비조사 처리군인 대조군보다 낮은 지방산패도를 보인 T1, T2와는 달리 대조군보다 높은 지방산패도를 나타낸 처리군은 마이크로파 선량이 300 W인 T3, T4와 600 W인 T5, T6였다. 특히 이들의 저장기간에 따른 지방산패도의 증가폭은 선량이 높을수록 급격하게 나타났다. 저장 14일차에 600 W의 선량으로 돈육을 조사한 처리군인 T5, T6의 지방산패도는 100 W의 조사선량이었던 T1, T2의 지방산패도보다 2배 이상의 값인 각각 0.60, 0.65였다. 지방산패도의 측정결과 저선량인 100 W로 돈육등심에 조사처리시 비조사처리군보다 낮은 지방산패도를 보였고 선량이 높아질수록 지방산패도가 증가함을 알 수 있었다. 정지처리방식과 연속처리방식의 지방산패도의 차이는 미미하였으나 저장기간 6일을 기준으로 연속처리방식의 처리군들이 같은 선량내에서는 지방산패도가 더 낮아지는 것을 알 수 있었다. 돈육등심의 지질산화에 전자선, 포장 및 저장기간이 미치는 영향에 대해 조사한 결과(20), 합기포장 처리한 돈육등심의 지방산화가 진공포장후 조사처리한 돈육등심의 지방산화가 유의적으로 높았고 모든 처리구가 저장 기간이 경과함에 따라 지방산화가 유의적으로 증가하였다고 보고하였다. 조사나 포장조건이 지방산화에 많은 영향을 미치며 진공포장 보다 합기포장의 지방산화의 정도가 심하다고 보고(21)하였다. 돈육의 품질에 조사가 미치는 효과(22)에서 0, 2.2, 4.4 kGy로 신선한 돈육을 진공포장하여 조사한 결과 저장 1, 7, 21, 35 저장기간 모두에서 조사선량이 증가할수록 TBA 값이 증가하였으나 그 값은 저장 35일째에 TBA값이 0.24로 매우 적은 지방산패도 수준이라고 보고하였다. 합기포장된 쇠고기 햄버거 패티에 조사처리시 지질산패도는 증가하였지만 진공포장처리군들은 오히려 감소하였다는 보고(23)도 있었다.

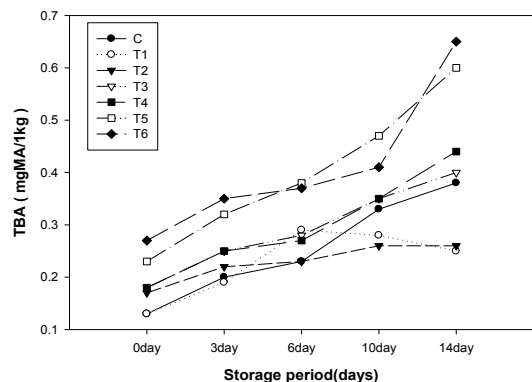


Fig. 3. Changes in Thiobarbituric acid(TBA) values of pork loin meats during storage at 4°C after various microwave treatments.

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

단백질부패도(VBN value)

조사처리한 돈육등심의 저장중 단백질 부패도 측정결과

(Fig. 5) 비조사구는 저장기간에 따라 급격히 증가되어 저장 14일에 10.54mg%로 나타난 반면 조사처리군들은 대조군보다 낮은 값을 보였고 조사선량이 높을수록 낮은 VBN값을 보였다. 처리방식에서는 저장기간 전체에서 연속처리방식보다 정지처리방식의 처리군들이 돈육의 단백질부패를 억제하는 효과를 나타내었다. 식품에서 VBN 값은 단백질이 albumose, peptone, peptide, amino acid 등으로 분해된 후 세균의 환원작용으로 생성되는 것으로 저장 중 VBN 함량의 증가는 세균의 증식과 연관성이 있는 것으로 판단된다. 돈육등심의 냉장중 품질변화효과를 살펴본 Park 등(24)의 연구결과 올리브유를 첨가하여 저장한 돈육 등심의 VBN이 첨가하지않은 것보다 낮은 값을 보였고 이는 식물성 지방에 폴리페놀화합물이 항균작용을 하여 VBN 생성이 억제된 것으로 판단한다고 보고하였다. 조사처리에 의해 런천미트의 VMN이 저장 6주차부터 비조사처리군과 유의적인 차이를 나타내어 감소하였다는 보고(25)에서 저장 10주차에 VBN 값이 처리군은 0.078% 였으나 조사처리군은 0.17~0.19%로 나타내어 조사처리가 런천미트에 저장성을 높일 수 있을 것이라 기대하였다. 본 실험결과에서도 비조사처리군은 높은 VBN값을 나타내었지만 조사처리군들은 모두 대조군보다 낮은 값을 보여 조사처리가 VBN값을 감소시켜 저장중 돈육등심의 품질안정성에 효과적일 것으로 판단되었다.

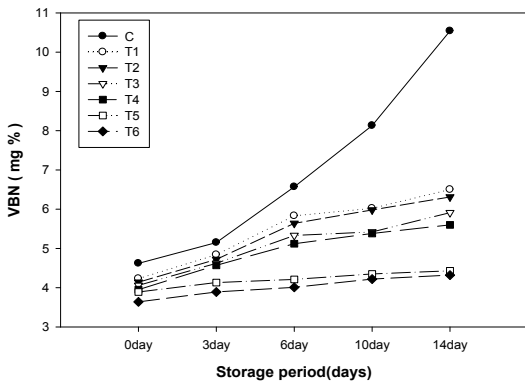


Fig. 4. Changes in volatile basic nitrogen(VBN) values of pork loin meats during storage at 4°C after various microwave treatments. C, T1, T2, T3, T4, T5, T6; Refer to the comment in Table 1

총균수(TPC)

조사처리한 돈육등심의 저장중 총균수의 변화는 Fig. 6에 나타내었다. 조사처리직후 대조군은 6 log CFU/g이었고 조사처리군들과는 유의적인 차이가 나타남을 알 수 있었다. 저장기간이 증가함에 따라 조사처리군들과는 TPC의 차이가 더 커짐을 알 수 있었다. 즉, 저장 3일차 대조군의 TPC는 7.42 log CFU/g였으나 조사처리군인 T6의 경우 TPC가 4.1 log CFU/g로 나타났고 저장 14일차에 대조군의 TPC는 9.39 log CFU/g로 증가하였으나 T6의 TPC는 저장 초기와 유사한 4.12 log CFU/g을 나타내었다. 조사선량이 커질

수록 TPC의 값은 감소하였다(p < 0.05). 저장기간에 따른 TPC는 전반적으로 대조군> T1> T3> T5> T2> T4> T6로 나타나 조사선량이 높을수록, 정지처리방식일수록 미생물 사멸 효과가 효과적임을 판단할 수 있었다. Kim 등(26)은 돈육소세지에 저선량의 조사처리시 미생물의 성장이 선량이 클수록 효과적이었다고 보고하였다. 돈육소세지에 비조사처리시 저장 0일차에 TPC는 6.34 log CFU/g였고 4 kGy로 조사처리시 2.46 log CFU/g로 나타났으며 조사처리가 미생물들의 생존을 방해한다고 보고하였다. 본 실험결과에서 마이크로파조사처리가 미생물 사멸에 효과적이며 저장시 품질을 유지시키는 것으로 나타났다.

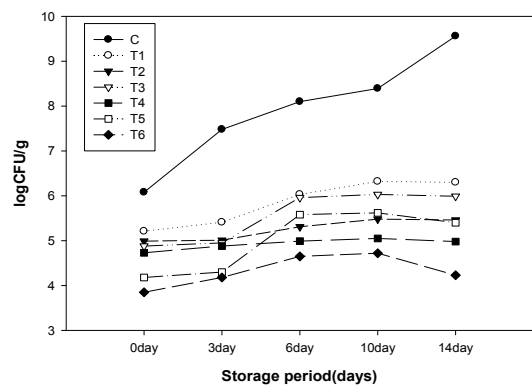


Fig. 5. Changes in total plate counts (TPC) of pork loin meats during storage at 4°C after various microwave treatments. C, T1, T2, T3, T4, T5, T6; Refer to the comment in Table 1

요 약

본 연구에서는 돈육등심에 마이크로파 조사처리(연속처리방법과 정지처리방법)하고 14일간 4°C에 저장하면서 이화학적, 미생물학적 품질 변화를 관찰하였다. 마이크로파 조사처리는 돈육등심의 L값을 증가시키고 a, b값에 영향을 주는 것으로 나타났으며 조사처리군간에는 유의적인 차이가 없었다. 돈육의 pH는 조사 직후 0일째에 5.51~5.74였으나 3일 후에 급격히 증가되어 6.32~6.51로 나타났으며(p > 0.05) 저장 14일까지 유의적인 pH 변화가 없었다. 돈육의 TBA값은 저장 0일째, 마이크로파 조사처리군들은 대조군보다 낮은 값을 보였고 조사선량이 증가할수록 TBA 값은 증가하는 것으로 나타났다. 정지처리방식보다 연속처리방식에서 TBA값이 낮아 지질산패도지연에 효과적이었다. 단백질 부패도를 나타내는 VBN 값은 전 처리구간에서 대조군이 가장 높았고 조사선량이 증가할수록 낮은 단백질부패도를 보였다. 총균수는 대조군의 경우 저장 14일째 9.39 log CFU/g인 것이 조사처리군인 T6의 경우 4.12 log CFU/g으로 나타났다. 본 연구결과 돈육등심에 있어 최소한의 품질변화를 가져오며 육색의 변색방지와 미생물의 성장억제 효과로 신선육으로 유통시킬 수 있는 최적조건은 100 W 정지처리방식(T2)인 것으로 확인되었다.

참고문헌

1. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries. (2008) Important livestock products consumption. p 104-105
2. KFDA (2012) Pork safety information. Food World, p 66-69
3. Lee MH, Kim TY, Han IM, Kang YS, Jin SK, Kim IS (2005) Consumer's purchase behaviors and perception of branded pork in Gyeongnam. Korean J Food Sci Ani Resour, 25, 271-276
4. Kum JS (1994) Development and application of novel food by microwave heating. Food Technol, 7, 81-87
5. Mizrahi S (2012) Mechanisms of objectionable textural changes by microwave reheating of foods: a review. J Food Sci, 77, 57-62
6. SAS (1998) SAS User's guide, Version 6.03, The SAS Institute Cary. NC, USA.
7. Zhu LG, Brewer MS (1998) Discoloration of fresh pork as related to muscle and display conditions. J Food Sci, 63, 763-767
8. Kim BK, Kang SS, Kim YJ (2001) Effect of dietary medicine refuse and mugwort powder on physico-chemical properties of Korean native pork. Kor J Food Sci Ani Resour, 21, 208-214
9. Lawrie R (1985) Development in meat science:Packaing fresh meat(A. A. Taylor(Eds)). Elsevier Applied Science publishers, London, United Kingdom, p 89
10. Ohene-Adjel S, Bertol T, Hyun Y, Ellis M, McKeith FK, James MJ (1972) Mechanism and detection of microbial spoilage in meats at low temperature. J Milk Food Technol, 35, 467-471
11. Nam KC, Ko KY, Min BR, Ismail H, Lee EJ, Cordray J, Ahn DU (2007) Effects of oleoresin-tocopherol combinations on lipid oxidation, off-odor, and color of irradiated raw and cooked pork patties. Meat Sci, 75, 61-70
12. Ahn DU, Shell JL, Jeffery M, Jo C, Chen X, Wu C, Lee JI (1997) Dietary vitamin E affects lipid oxidation and total volatiles of irradiated raw turkey. J Food Sci, 62, 954-958
13. Gunilla L, Kerstin L, Eva T (1983) Contribution of pigment content, myoglobin forms and internal reflectance to the color of pork loin and ham from pure breed pigs. Meat Sci, 29, 141-151
14. Fox JB, Schweigert BS (1987) Science of meat and meat products (3rd ed., p 193-216). CT:Food and Nutrition Press Inc. MA, United State, pp 193-216
15. Jung IC, Kim YK, Moon YH. (2002) Effects of addition of Petilla leaf powder on the surface color, residual nitrite and shelf life of pork sausage. Korean J Life Sci, 12, 654-660
16. Jay JM, Shelef LA (1978) Microbial modifications in raw and processed meats and poultry at low temperatures. Food Technol, 32, 186-187
17. Kang MJ, Lee JY, Shin JH, Choi SY, Lee SJ, Yang SM, Sung NJ (2007) Feeding effects of Houttuynia cordata Thunb powder on the quality property of pork loin at chilled storage. J Korean Soc Food Sci Nutr, 36, 222-227
18. Lee SH, Lee MH, Song I (1985) Effect of degree of cacuum on physico-chemical properties vacuum package fresh pork. Korean J Anim Sci, 27, 404-407
19. Bartholmew DT, Blumer JN (1977) Microbial interactions in country-style hams. J Food Sci, 42, 498-503
20. Shin TS, Lee JI (2002) Effect of irradiation, packaging and storage on the oxidation of cholesterol and lipid in pork loggissimus meat. Korean J Food Sci Ani Resour, 22, 137-144.
21. Nam KC, Du M, Jo C, Ahn DU (2001) Cholesterol oxidation products in irradiated raw meat with different packaging and storage time. Meat Sci, 58, 431-435
22. Davis K., Sebranek JG, Huff-Lonergan E, Ahn DU, Lonergan SM (2004) The effects of irradiation on quality of injected fresh pork loins. Meat Sci, 67, 395-401
23. Luchsinger SE, Kropf D, Garcia Zepeda C, Hunt M, Stroda S, Marsden J, Kastner C (1997) Color and oxidative properties of irradiated ground beef patties. J Muscle Foods, 8, 445-464
24. Park KS, Lee KS, Youn DH, Moon YH, Park HS, Jung IC (2007) Changes in the quality of ground pork loin adding olive and soybean oil during cold storage. J Korean Soc Food Sci Nutr, 36, 896-901
25. Al-Bachir M, Mehio A (2001) Irradiated luncheon meat: microbiological, chemical and sensory characteristics during storage. Food Chem, 75, 169-175
26. Kim IS, Jo C, Lee KH, Lee EJ, Ahn DU, Kang SN (2012) Effects of low-level gamma irradiation on the characteristics of fermented pork sausage during storage. Radiat Phys Chem, 81, 466-472