

숙육 제조시 microwave의 효과적 이용에 관한 연구

오혜숙·명춘옥*

상지대학교 자연과학대학 식품영양학과, *오산공업전문대학 전통조리과

Application of microwave heating to the convenient preparation of moist-heated meats

Oh, Hae Sook and Myoung, Choon Ok*

Dept. of Food & Nutrition, Sangji University

*Dept. of Traditional Cooking, Osan Junior College

Abstract

Beef loaves(5×5×5 cm) were cooked by conventional moist-heat and by various levels of microwaves. The mean internal temperature of the meats cooked by low power microwaves for 5~15 min were not significantly different from the conventionally boiled meats for 30 min. When cooking was made by microwaves at low level for 5~10 min, or at high level for 2 min and additional heating at low power level for 5 min, the percent cooking loss were comparable with the samples cooked conventionally for 20~40 min. General proteolytic activity determined with azocoll indicated that enzyme activity decreased as internal temperature increased($r = -0.5779$, $p < 0.05$), and maximum activity occurred at meats conventionally moist-heated for 10 min and by low power microwave for 5 min. Sensory scores for tenderness were high at conventional moist-heat for 30 min, for 20 min, microwave cooked at thatwing power for 10 min and at low power level for 10 min, in descending order. There were no significant differences in the thiamin content of meats after various treatments.

I. 서 론

Microwave는 식품내로 신속하게 침투되고, 식품의 깊은 곳까지 많은 에너지가 축적되기 때문에 가열속도가 매우 빠르며, 이는 microwave의 가장 큰 장점인 동시에 사용 한도를 제한시키는 요인이 되기도 한다. 기존의 가열 방법을 사용하는 경우 식품 내부의 온도가 서서히 상승함으로써 식품 자체 내에 존재하는 효소들의 작용으로 맛이나 향기 성분들이 생성되기도 하고 독특한 질감을 가지게 되지만, microwave에 의한 가열시에는 이러한 효과를 기대할 수 없다¹⁻⁴⁾.

가열 조리한 육류의 연한 정도는 근원 섬유 단백질의 용고 정도와 결합 조직인 collagen의 분해 정도에 의해 결정된다⁵⁻¹³⁾. 일반적으로 가열속도가 느릴수록 더욱 연한 질감을 갖는다고 하며, 내부 온도가 collagen의 용해점 부근일 때 다즙성이 가장 좋고 연하다고 한다⁵⁻¹²⁾. 또한 너무 높은 온도로 가열하게 되면, 표면이 심하게 응고됨으로써 내부로의 열의 침투가 방해받아 육류 내부가 덜익고 오히려 질기다는 보고도 있다^{9,10)}.

Laakkonen 등^{6,7)}은 일련의 실험 결과를 통하여, 육류를 가열할 때 그 내부 온도가 육류의 연도 및 중량감소 정도에 큰 영향을 미친다고 주장하였다. Beef semitendinosus 근육을 가열하였을 때, 조리방법에 상관없이 내부 온도가 증가할수록 intermyofibrillar space가 커지고,

fiber fragmentation과 nonfibrous connective tissue가 증가하였는데, microwave로 가열한 경우가 더욱 심했다고 한다⁸⁾. Riffero¹³⁾는 쇠고기 150 g을 conventional broiling으로 20분 혹은 30분간, 그리고 microwave oven에서 2분 또는 4분 동안 가열하고, Scanning Electron Microscopy(SEM)으로 근육의 파괴정도를 조사한 결과 microwave를 이용하여 조리한 경우에는 짧은 시간내에 fiber fragmentation이 이루어졌다는 보고와 함께, 그는 microwave는 육류의 완전한 조리보다는 preheating에 더 적합하다고 제안하였다.

본 연구에서는 microwave 처리가 육류 단백질의 열 용고성에 미치는 영향을 알아보기 위한 목적으로, 출력의 세기를 달리하여 숙육을 제조하고 영양적, 관능적 품질 특성과 연관시켜 살펴보았으며, 기존의 가열 방법을 이용한 경우와 비교하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 시료의 전처리 및 가열처리

소 1마리의 우둔육 전체를 구입하여 -5°C 로 보관하였다. 지방과 결합 조직 부위를 제거하고 5×5×5 cm의 크기로 잘라 냉장온도에서 해동시킨 다음, 가열하기 직전에 paper towel로 빠져 나온 drip을 닦아 내고 각 시료의 무게를 재었다.

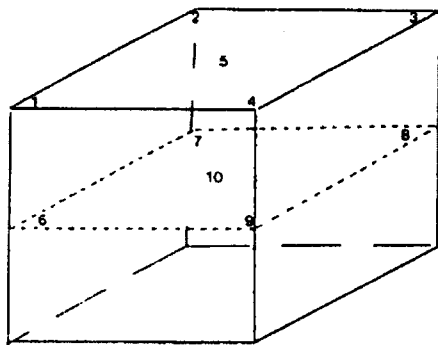
숙육은 5×5×5 cm 크기의 시료를 증류수로 습열 조리하였으며, 가열 방법은 기존의 가열법과 microwave를 이용하였다.

기존의 방법을 이용한 경우에는 시료 첨가에 의한 온도 하강 정도를 줄이기 위해 충분히 큰 냄비에 물이 팔팔 끓으면 시료를 동시에 넣고 시료가 잠길 정도의 물을 남긴 후 나머지는 덜어냈다. 시료가 물 위로 떠오르지 않고 또한 위치의 변화가 거의 없도록 긴 막대로 구획을 지은 다음 뚜껑을 덮고 가열하였다. 시료의 첨가로 온도가 낮아진 물이 다시 끓기 시작하면 잔잔히 끓는 정도로 불의 세기를 유지하면서 40분간 가열하였고, 10분 간격으로 2개씩의 시료를 꺼내어 즉시 paper towel로 물기를 제거하고 무게를 잰 후, PE wrap으로 싸서 냉동고에 넣어 즉시 냉각시켰다.

Microwave를 이용한 경우에는 500cc 용량(밀면 직경: 6.5 cm, 윗면 직경: 10.7 cm, 높이: 10.5 cm, 두께 0.5 cm)의 pyrex 용기에 시료를 넣고 잠길 정도의 물을 가했다. 가열시 출력의 세기 및 가열시간은 ① 저출력에서 5분(L5), 10분(L10), 15분(L15), ② 고출력에서 5분(H5), 10분(H10), ③ 고출력에서 2분 가열후 저출력에서 5분(H2+L5), 10분(H2+L10) 그리고 ④ 해동 출력에서 10분(TH10)의 8가지로 조절하였다.

2. 내부 온도 측정

Thermocouple을 사용하여 모두 10개 부위의 온도를 측정하였다. 아래와 같이 표면 5곳과 중간 깊이의 5군



데의 온도를 측정하고, 최저 온도와 최고 온도 그리고 평균온도를 구하였다.

3. Thiamin의 정량

Thiamin은 thiocrome 방법¹⁴⁾을 이용하였으며, 시료 무게의 150~200%의 증류수를 가하고 분쇄기에서 고속으로 20초씩 3회 마쇄한 후, 오 등¹⁵⁾의 방법에 따라 측정하였다.

4. 생육과 숙육의 pH 및 collagenase 활성 측정

여러가지 조건으로 가열한 숙육과 생육의 pH와 colla-

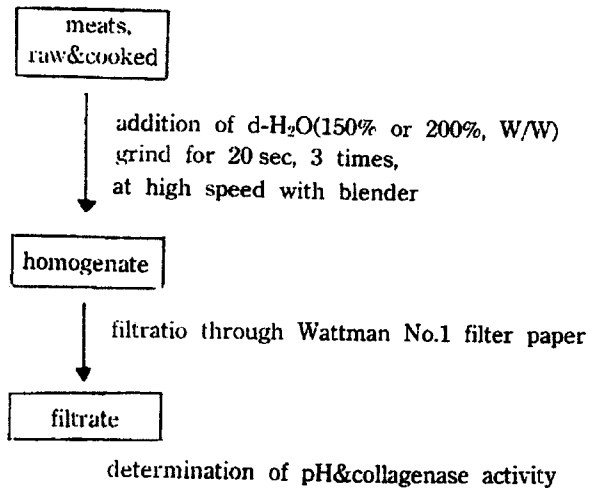


Fig. 1. Outline of the procedures used in the determination of pH and collagenase activity.

genase의 활성을 측정하기 위하여 시료를 다음과 같이 처리하였다.

시료에 1.5배 혹은 2배 중량의 증류수를 가하고 분쇄기로 고속에서 20초씩 3회 마쇄한 후 여과지(Wsttman No. 1)로 여과하여 얻은 여액의 부피를 재고 pH를 측정하였다.

Collagenase의 활성 측정은 Laakkonen 등^{6,7)}과 Penfield 등¹⁰⁾의 방법을 약간 변형하여 사용하였다. 위의 과정을 통하여 얻은 여액 5 ml/씩을 4개를 취하고, 각각에 25 mg의 Azocoll(Sigma Co., an insoluble but hydrophilic complex of collagen and an azo dye)을 가하여 2개씩 37°C 와 0°C로 30분간 유지시켰다. 반응액을 여과하여 분해되지 않은 azocoll을 제거한 후 580 nm에서 흡광도를 측정하고 다음 식에 의해 효소의 활성을 구하였다. Blank는 여액 대신 증류수 5 ml/을 동일한 과정으로 처리하여 사용하였다.

$$\text{Collagenase activity} = \frac{\text{OD} \times \frac{1.5 \text{ or } 2}{\text{wt. of meat, raw or cooked}} \times \frac{1}{\text{total volume of filtrate}}}{5}$$

$$\text{OD} = \left[\frac{\text{abs of } 37^\circ\text{C}}{\text{sample}} \right] - \left[\frac{\text{abs of } 37^\circ\text{C}}{\text{blank}} \right] - \left[\frac{\text{abs of } 0^\circ\text{C}}{\text{sample}} \right] + \left[\frac{\text{abs of } 0^\circ\text{C}}{\text{blank}} \right]$$

5. 질감에 대한 관능검사

관능검사에 대한 지식이 있는 식품영양학과 4학년 학생을 대상으로 관능적 평가요령을 충분히 숙지시킨 후 3회에 걸친 예비실험을 통하여 8인을 선정하였다. 숙육은

Table 1. pH, internal temperature and cooking loss of raw meat and meats cooked conventionally or by microwaves

	pH	internal temperature(°C)		cooking loss (%)
		range	mean temperature	
raw	5.48	0.4	0.4±0.00 ^a	0.0±0.00 ^a
conventional heating				
C 10	5.88	39~75	57.3±3.46 ^b	28.3±6.36 ^b
C 20	5.92	55~87	71.3±1.41 ^c	34.5±0.57 ^c
C 30	5.83	54~91	74.7±5.44 ^c	37.1±2.40 ^c
C 40	5.78	60~91	78.3±0.14 ^d	42.6±0.71 ^c
microwave heating				
M L5	5.70	50~88	69.4±2.90 ^e	23.7±5.59 ^b
M L10	5.76	49~98	75.2±2.76 ^e	43.2±0.28 ^e
M L15	6.02	47~95	73.7±1.70 ^e	51.0±2.19 ^e
M H5	5.77	53~100	77.1±0.14 ^e	45.0±0.99 ^d
M H10	5.89	78~100	90.0±3.82 ^f	64.8±2.05 ^f
M H2+L5	5.85	61~99	80.2±0.99 ^e	42.6±1.20 ^e
M H2+L10	6.03	59~98	80.2±0.52 ^e	45.8±1.77 ^d
M TH10	5.81	57~98	78.5±1.41 ^d	38.6±4.67 ^e

C: conventional heating, M: microwave heating, L: low power, H: high power, TH: thwaing power
 mean± standard deviation for duplication
 superscript a, b, c, d, e, or f: Values with different alphabet within the same row were significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test

5×5×5 cm의 크기로 자른 후 가열하여 4등분한 것을 각각 2개씩 시료로 제시하였고, 아직 온기가 남아있을 때(40℃ 정도) 5점법(5: 매우 연하다, 4: 연하다, 3: 그저 그렇다, 2: 질기다, 1: 매우 질기다)에 의하여 연한 정도를 평가하게 하였다.

6. 통계적 자료의 분석

본 실험결과는 SPSS/PC⁺ program을 이용하여 분산 분석과 Duncan의 다중 범위 검정 및 Pearson의 상관 관계 분석을 실시하였고, 모든 경우에 있어 유의성 여부는 p<0.05에서 검정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 숙육의 pH, 내부온도 분포 및 수축율

표 1은 숙육의 pH, 내부온도 분포 및 수축율을 나타낸 것이다. 여러 조건으로 열처리한 우둔육의 내부온도는 비교적 넓은 분포를 갖는데, 끓는 물에서 10분간 가열한 경우 평균 내부 온도는 57.3℃였으며, 20분 이상 가열한 경우에는 70℃ 이상으로 온도가 상승되었다.

일반적으로 microwave로 조리한 숙육의 내부 온도의 차이는 40℃ 정도였으며, 이는 끓는 물에서 익힌 경우의 내부 온도 범위보다 더 큰 차이이다. 평균 내부 온도는 저출력에서 5~15분간 가열시 69.4℃에서 75.2℃ 사이로서 끓는 물에서 30분 동안 습열조리하였을 때와 유익적으로 다르지 않았다. 한편 해동 출력에서 10분간 가열한 것의 평균 온도는 40분간 습열 조리한 경우와 유

사하였으며, 고출력에서 2분 가열후 저출력으로 계속 가열한 것은 저출력으로 계속 10분이나 15분 가열했을 때보다 내부 온도가 유의적으로 높았다.

기존의 가열방법과 microwave를 이용하여 가열한 pork roast의 내부온도 분포 양상을 thermograph로 관찰하였을 때, conventional oven에서 구운 roast는 최저 온도가 162°F로서 중심부의 온도였고, 표면에서 최고 온도인 204°F를 나타내었으며, 반면 microwave cooked roast는 표면에서 가장 낮은 160°F가, 그리고 최대 온도는 표면이나 중심부가 아닌 오른쪽 상위에서 측정되었다고 하였다³⁾. 본 실험에서도 모든 처리군에서 표면의 온도가 중심 부위(⑩번 위치)의 온도보다 낮았다.

육류의 조리시 가열에 따른 질감의 변화를 예측하기 위한 지표로서 흔히 수축율을 측정하는데, 이는 수분 보유력이나 다즙성 혹은 수용성 단백질의 용고 정도와 관련이 있다. Laakkonen 등⁶⁾은 longissimus와 semitendinosus, rectus femoris의 3종류 근육을 0.1℃/min의 느린 속도로 10시간 동안 가열하면서 중량 감소율을 측정하였다. 3종류 근육 모두 내부 온도가 60℃가 되는 6시간 동안에는 중량이 거의 직선적으로 감소하다 그후 10시간까지는 감소율이 급감하거나 거의 일정하게 유지되었다고 하였다.

본 실험에서는 간간히 끓는 물에서 10분 가열한 경우와 저출력의 microwave로 5분 가열한 경우 수축율은 유의적으로 다르지 않았다. 끓는 물에서 익히는 경우 20분에서 40분까지는 34.5~42.6%의 중량손실을 초래하였으나 이들은 유의적인 차이가 아니었다. 또한 해동 출

력에서 10분 가열한 경우나 저출력에서 10분, 혹은 고출력에서 2분 가열한 후 저출력에서 5분 가열한 경우도 끓는 물에서 20분~40분 가열한 것과 크게 차이가 나지 않았다.

한편 생육 혹은 숙육 중량의 1.5~2배의 증류수를 가하여 끓여 간 후 그 여액의 pH를 측정할 결과 숙육의 pH는 5.70~6.03으로 pH 5.48인 생육보다 모두 높았다. 소고기를 저온에서 서서히 가열하면서 여러 특성을 관찰한 Laakkonen 등⁶⁾의 실험결과에 의하면 약간의 변동은 있으나 가열이 진행되는 동안에 추출액의 pH는 상승하는 경향이 있었다고 한다. 본 실험에서도 microwave로 가열한 경우 가열시간이 길어지거나 출력이 세어지면 pH가 높았다.

2. Collagen 분해능력을 갖는 단백질 분해 효소의 활성 및 tenderness에 대한 관능평가

가열속도는 수축을 뿐만 아니라 육류의 결체 조직을 분해함으로써 질감을 연화시키는 단백질 분해 효소의 활성에도 영향을 준다. Collagen은 collagenase의 작용으로 분해되며, 가열 등에 의해 일단 변성이 되면 다른 단백질 분해 효소에 의해서 오히려 예민하게 반응한다고 한다⁷⁾. 표 2에는 가열 처리된 육류의 collagenase 활성을 표시하였다. 효소 활성은 습열로 10분간 가열한 경우가 가장 높아(p<0.05) 생육의 1.62배였고, 저출력의 microwave로 가열한 것도 생육보다 활성이 더 컸다(p<0.05). 해동 출력으로 가열한 숙육은 유의적 차이는 아니었으나 20분간 습열 조리한 것보다 활성이 오히려 더 강했다.

Table 2. Collagenolytic activity and sensory scores of meats cooked conventionally or by microwaves

	collagenolytic activity	sensory scores*
raw	0.43±0.064 ^b	-
conventional heating		
C 10	0.54±0.084 ^a	2.63±0.52 ^b
C 20	0.27±0.205 ^c	3.25±0.71 ^a
C 30	0.15±0.085 ^c	3.38±0.52 ^a
C 40	0.08±0.057 ^c	2.63±0.52 ^b
microwave heating		
M L5	0.48±0.064 ^a	2.88±0.55 ^a
M L10	0.06±0.042 ^c	3.13±0.35 ^a
M L15	0.07±0.028 ^c	2.25±0.46 ^b
M H5	0.13±0.056 ^c	2.00±0.76 ^c
M H10	0.07±0.014 ^c	1.00±0.00 ^d
M H2+L5	0.22±0.113 ^c	2.75±0.71 ^a
M H2+L10	0.12±0.09 ^c	2.63±0.52 ^b
M TH10	0.29±0.148 ^c	3.13±0.64 ^a

C: conventional heating, M: microwave heating, L: low power, H: high power, TH: thawing power
 sensory score* 5: very tender, 4: tender, 3: fair, 2: tough, 1: very tough
 mean±standard deviation for duplication
 superscript a, b, c or d: Values with different alphabet within the row were significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test

가열에 의한 내부 온도와 단백질 분해효소의 활성과의 관계는 r=-0.5779(p<0.05)로 유의적으로 음의 상관관계를 가지며, 따라서 가열 정도가 더해지면서 점차 활성을 잃었다.

열처리를 하였을 때 육류의 질감은 2개의 상반된 요인에 의하여 좌우된다고 한다^{7A)10)}. 즉, 근섬유 단백질의 응고에 의해 질겨지는 현상과 결체 조직의 분해로 인한 연화효과가 그것이다. Laakkonen 등⁷⁾과 Penfield 등¹⁰⁾, Hutton 등⁸⁾은 열처리후 질감의 연화 정도를 collagen의 함량과 연관시켜 조사하였다. Longissimus 근육내에 존재하는 collagenase는 60℃ 이하에서는 활성을 유지하나 70℃~80℃ 이상이 되면 실패된다고 하였다¹⁰⁾.

숙육의 질감에 대한 관능검사 결과, 끓는 물에서 10분 가열한 것과 40분 가열한 것이 20분이나 30분 가열한 것보다 더 질겼다. 가장 부드러운 것은 끓는 물에서 30분 가열한 것이었고, 20분 습열 조리한 것이나 해동출력에서 10분 그리고 저출력에서 10분 가열한 숙육이 다른 것들보다 부드럽다고 하였다. 고출력으로 가열한 것은 단 시간 가열에도 매우 질긴 질감을 가졌고, 10분 가열시에는 조리수가 끓어 오르면서 뒷면이 심하게 경화되는 현상을 초래했다. Penfield 등¹⁰⁾의 실험에 의하면 내부 온도가 같더라도 가열속도가 빠르면 collagenase나 단백질 분해효소가 더 빨리 실패되는 것으로 나타났는데, 특히 고출력에서 5분 가열한 것의 내부 온도가 고출력과 저출력으로 연속 가열한 것이나 해동출력으로 가열한 경우보다 낮음에도 더 질긴 것은 이러한 이유 때문으로 여겨진다. Hutton 등⁸⁾은 microwave로 가열시 intermyo-

Table 3. Thiamin content of meats cooked conventionally or by microwaves

	thiamin content (µg/g)	percent retention (%)
raw	0.145±0.035 ^b	100.00
conventional heating		
C 10	0.235±0.035 ^a	162.07
C 20	0.020±0.000 ^c	13.79
C 30	0.045±0.007 ^c	31.03
C 40	0.003±0.001 ^c	2.07
microwave heating		
M L5	0.045±0.007 ^c	31.03
M L10	0.045±0.007 ^c	31.03
M L15	0.035±0.007 ^c	24.14
M H5	0.055±0.021 ^c	37.93
M H10	0.001±0.000 ^c	0.69
M H2+L5	0.002±0.000 ^c	1.38
M H2+L10	0.000±0.000 ^c	0.00
M TH10	0.050±0.000 ^c	34.48

C: conventional heating, M: microwave heating, L: low power, H: high power, TH: thawing power
 mean±standard deviation for duplication
 superscript a, b or d: Values with different alphabet within the row were significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test

fibrillar space와 근섬유의 절단정도가 더 컸다고 하며, 따라서 microwave 처리시 기존의 방법을 이용한 것보다 더 질긴 육이 형성되었다고 하였다.

3. Thiamin의 함량

Hall 등¹⁷⁾은 냉동돼지 고기를 해동할 때 기존의 가열 방법으로는 82%가, 물에 담겼을 때는 78%가 그리고 microwave에 의한 해동시에는 97%의 thiamin이 보유되었다고 보고하였다. 본 실험의 경우 생육의 thiamin함량은 0.145 µg/g이었으며, 끓는 물에서 10분간 가열한 경우는 0.23 µg/g으로서 생육의 1.6배 정도 높은 것으로 나타났다. 다른 숙육의 thiamin 함량은 0.00~0.05 µg/g이었고, 생육의 경우보다 낮았으나, 모든 처리군에서 유의적인 차이를 보이지 않았다(표 3참조). 생육 혹은 숙육의 내부온도와 thiamin 함량은 $r = -0.6758(p < 0.05)$ 로서 유의적으로 음의 상관관계를 갖는 것으로 나타났다.

IV. 결론 및 제언

Microwave oven을 효과적으로 이용하기 위한 연구의 일환으로, 끓는 물과 여러 조건의 microwave 처리에 의해 숙육을 제조하고 내부온도와 가열시에 의한 수축율, collagen 분해력을 갖는 단백질 분해 효소의 활성변화 등을 조사하였다.

Microwave로 조리한 숙육의 내부온도는 끓는 물에서 익힌 경우보다 차이가 컸으며, 모든 처리군에서 표면의 온도가 중심 부위의 온도보다 낮았다. 평균 내부 온도는 끓는 물에서 10분간 가열한 경우 57.3°C였으며, 20분 이상 가열하면 70°C 이상이였다. 저출력에서 5~15분간 가열시에는 69.4°C~75.2°C로서 끓는 물에서 30분 동안 처리하였을 때와 유의적으로 다르지 않았고, 해동출력에서 10분간 가열한 것은 40분간 습열조리한 경우와 유사하였다.

중량 손실율은 끓는 물에서 20~40분간 가열시 34.5~42.6%였다. 끓는 물에서 10분 가열한 경우와 저출력의 microwave로 5분 가열했을 때의 수축율은 유의적으로 다르지 않았고, 해동 출력이나 저출력에서 10분, 혹은 고출력에서 2분 가열한 후 저출력에서 5분 가열한 경우도 끓는 물에서 20~40분 가열한 것과 큰 차이를 보이지 않았다.

숙육의 pH는 5.70~6.03으로 pH 5.48인 생육보다 모두 높았으며, microwave로 가열한 경우 가열시간이 길어지거나 출력이 세어지면 pH가 상승하는 경향을 보였다.

단백질 분해효소의 활성은 끓는 물에서 10분간 가열한 경우와 저출력의 microwave로 가열한 것이 생육보다 컸고($p < 0.05$), 해동출력으로 가열한 숙육은 유의적 차이는 아니었으나 20분간 습열조리한 것보다 활성이 더 강했다. 가열정도가 더해지면서 효소 활성은 감소하였고, 내부온도와 효소활성은 $r = -0.5779(p < 0.05)$ 로 유의적으로 음의 상관관계를 보였다.

숙육의 질감에 대한 관능검사 결과, 가장 부드러운 것은 끓는 물에서 30분 가열한 것이었고, 20분 습열 조리한 것이나 해동출력에서 10분 그리고 저출력에서 10분 가열한 숙육이 다른 것들보다 부드럽다고 하였다. 고출력으로 가열한 것은 단시간 가열에도 매우 질긴 질감을 가졌다.

생육의 thiamin함량은 0.145 µg/g이었으며, 끓는 물에서 10분간 가열한 경우는 생육의 1.6배 정도 높았다. 다른 숙육의 경우는 0.00~0.05 µg/g로서 모든 처리군에서 유의적으로 다르지 않았으나, 생육 혹은 숙육의 내부 온도와 thiamin 함량은 음의 상관관계($r = -0.6758, p < 0.05$)를 갖는 것으로 나타났다.

육류를 습열 조리할 때 저출력의 microwave를 이용하면 끓는 물속에서 익힌 경우에 비해 품질이 떨어지지 않았으며, 단시간에 조리할 수 있음을 확인할 수 있었다. 본 실험에서는 육류의 크기가 제한적이었으므로 크기를 달리하였을 때에 대한 연구가 더 필요하다고 사료된다.

감사의 글

본 연구는 한국음식문화연구원의 연구비 지원으로 수행되었기에 감사의 뜻을 포함합니다.

참고문헌

1. R.E. Mudgett, Microwave properties and heating characteristics of foods, *Food Tech.*, 40: 84, (1986).
2. D.J. Martin and C.C. Tsen, Baking high-ratio white layer cakes with microwave energy, *J. Food Sci.*, 46: 1507, (1981).
3. S.M. Bakanowski and J.M. Zoller, Endpoint temperature distributions in microwave and conventionally cooked pork, *Food Tech.*, 38: 45, (1984).
4. W.J. Zimmerman, An approach to safe microwave cooking of pork roasts containing *Trichinella spiralis*, *J. Food Sci.*, 48: 1715, (1983).
5. E.E. Ream, E.B. Wilcox, F.G. Taylor and J.A. Bennett, Tenderness of beef roasts, *J. ADA.*, 65: 155, (1974).
6. E. Laakkonen, G.H. Wellington and J.W. Sherbon, Low-temperature, long-time heating of bovine muscle: 1. Changes in tenderness, water-binding capacity, pH and amount of water-soluble components, *J. Food Sci.*, 35: 175, (1970).
7. E. Laakkonen, J.W. Sherbon and G.H. Wellington, Low-temperature, long-time heating of bovine muscle: 3. Collagenolytic activity, *J. Food Sci.*, 35: 181, (1970).
8. C.W. Hutton, Y.H. Negggers and T.O. Love, Scanning electron microscopy, proteolytic enzyme activity, and acceptability of beef semitendinosus cooked by microwaves and conventional heat, *J. Food. Sci.*, 46: 1309, (1981).
9. K. Funk, P.J. Aldrich and T.F. Irmiter, Delayed service cookery of loin cuts of beef, *J. ADA.*, 48: 210, (1966).
10. M.K. Gaines, A.K. Perry and F.O. Van Duyne, Preparing top round beef roasts, *J. ADA.*, 48: 204, (1966).

11. B.B. Marsh, P.R. Woodhams and N.G. Leet, Studies in meat tenderness 1. Sensory and objective assessments of tenderness, *J. Food Sci.*, 31: 262, (1966).
12. N. Marshall, L. Wood and M.B. Patton, Cooking choice grade, top round beef roasts. Effect of internal temperature on yield and cooking time, *J. ADA*, 36: 341, (1960).
13. L.M. Riffero and Z.A. Holmes, Characteristics of pre-rigor pressurized vs. conventionally processed beef cooked by microwave and broiling, *J. Food Sci.*, 43: 140, (1983).
14. 연세대학교 식품공학과편, 식품공업실험 I, 탐구당, pp 458-463, (1984).
15. 오혜숙, 명춘옥, Microwave 처리가 알집의 품질특성에 미치는 영향, 미발간.
16. M.R. Penfield and B.H. Meyer, Changes in tenderness and collagen of beef semitendinosus muscle heated at two rates, *J. Food Sci.*, 40: 150, (1975).
17. K.N. Hall and C.S. Lin, Effect of cooking rates in electric or microwave oven on cooking losses and retention of thiamin in broilers, *J. Food Sci.*, 46: 1292, (1981).